

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra mechanické technologie

**Studium vlivu prachových částic na vlastnosti tenkých
povlaků**

**Study of Influence Dusty Element on Characteristics of
Thin Coatings**

Student:
Vedoucí diplomové práce:

Bc. Barbora Babištová
doc. Ing. Jitka Podjuklová, Csc.

Ostrava 2016

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra mechanické technologie

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Barbora Babištová**
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 2303T002 Strojírenská technologie
Specializace: 20 Strojírenská technologie
Téma: Studium vlivu prachových částic na vlastnosti tenkých povlaků
Study of Influence Dusty Element on Characteristics of Thin Coatings
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Prostudujte vlastnosti a aplikaci tenkých povlaků s obsahem nanočástic.
2. Prostudujte vlastnosti povrchu substrátu před aplikací povlaků.
3. Prostudujte vliv prachových částic na kvalitu systému substrát - povlak.
4. Navrhněte metodiku experimentálních prací.
5. Proved'te experimentální práce a zpracujte technickou zprávu.

Seznam doporučené odborné literatury:

MOHYLA, M.: *Technologie povrchových úprav kovů*. Učební texty VŠB – TU Ostrava, 2006. 3. vydání. 156 s. ISBN 80-248-1217-7.

BROCK, T., GROTEKLAES, M., MISCHKE, P.: *European Coating Handbook*. Vincentz Verlag, Hannover, Germany, 2000. 410 s. ISBN 3-87870-559-X.

BARDAL, E.: *Corrosion and Protection*. Springer - Verlag London Limited, 2004. 315 s. ISBN 1-85233-758-3.

ČSN EN ISO 12 944. *Protikorozní ochrana ocelových konstrukcí ochrannými nátěrovými systémy*. Český normalizační institut, 1998, 1999, 2008.

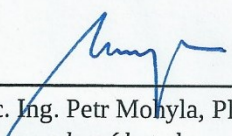
Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Jitka Podjuklová, CSc.**


Datum zadání: 11.12.2015

Datum odevzdání: 16.05.2016





doc. Ing. Petr Mohyla, Ph.D.
vedoucí katedry



doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedla jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě16.5.2016.....

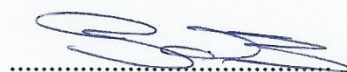


.....
podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byla seznámena s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на ве́домі́, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на ве́домі́, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě : 16.5.2016



podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Bc. Barbora Babištová

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Pod Senovou 2750/46A

Šumperk

78704

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

BABIŠTOVÁ, B.: *Studium vlivu prachových částic na vlastnosti tenkých povlaků*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra mechanické technologie, 2016, 141 s. Vedoucí diplomové práce: doc. Ing. Podjuklová, J.,Csc.

Diplomová práce se zabývá studiem vlivu prachových částic na vlastnosti tenkých povlaků. Diplomová práce je rozdělena na teoretickou a experimentální část. Teoretická část popisuje charakteristiku povrchu, přípravu povrchu před aplikací povlaku, korozi, povlaky a povrchové vrstvy, tenké vrstvy, prach a jeho vliv na nátěrový systém. Experimentální část se zabývá hodnocením prašnosti, zkouškami odtrhové pevnosti nátěru k různě připraveným typům povrchu, na kterém jsou exponovány různé typy kříd. Zkoušené jsou povrchy – otryskaný, válcovaný, broušený, kdy vždy jeden vzorek je neexponovaný a na dalších je nanесena normální, mokrá a vysušená křída. Nejlepší přilnavost vykazují vzorky s otryskaným povrchem a nejhorší s válcovaným. Z hlediska kříd mají nejhorší adhezi vzorky, na něž byla nanесena vysušená křída.

ANNOTATION OF MASTER THESIS

BABIŠTOVÁ, B.: *Study of Influence Dusty Element on Characteristics of Thin Coatings*. Ostrava : VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Mechanical Technology, 2016, 141 p. Advisor master thesis: doc. Ing. Podjuklová, J.,Csc.

This Master Thesis deals Study of Influence Dusty Elements on Characteristics of Thin Coatings. The thesis is divided into theoretical and experimental part. The theoretical part describes the characteristics surface, preparation of the surface before applying the coating, corrosion, coatings and surface layers, thin layers, dust and its influence on the coating system. Experimental part deals with the evaluation of dust, testing the fracture strength of the coating on the differently prepared types of surfaces on which they are exposed to different types of chalk. Are tested surfaces – blasted cleaning, rolled, cut always one sample is unexposed and the other is applied to normal, wet and dry chalk . The best adhesion in terms surface exhibit blasted finish and worst with rolled. In terms chalks with the worst adhesion samples to which was applied to the dried chalk.

OBSAH

SEZNAM POUŽITÝCH ZNAČEK A SYMBOLŮ	9
0. ÚVOD	12
1 CHARAKTERISTIKA A VLASTNOSTI POVRCHU	13
1.1 Fyzikální vlastnosti	14
1.2 Mechanické vlastnosti	15
1.3 Chemické vlastnosti	16
1.4 Geometrické vlastnosti	17
2 PŘÍPRAVA POVRCHU PŘED APLIKACÍ POVLAKU	18
2.1 Technologie mechanické	18
2.1.1 Otryskávání	18
2.1.1.1 Otryskávací média kovová:	19
2.1.1.2 Otryskávací media nekovová:	21
2.1.2 Omílání	23
2.1.3 Kartáčování	24
2.1.4 Broušení	26
2.1.5 Leštění	27
2.1.6 Oklepávání	28
2.1.7 Válečkování	28
2.2 Technologie chemické	29
2.2.1 Odmašťování	29
2.2.2 Moření	31
3 KOROZE	32
3.1 Druhy protikorozní ochrany	32
3.2 Korozní agresivita	33
3.3 Rozdělení koroze	35
4 POVLAKY A POVRCHOVÉ VRSTVY	36
4.1 Anorganické povrchové vrstvy a povlaky	38

4.1.1	Kovové	38
4.1.2	Nekovové.....	39
4.2	Organické povrchové vrstvy a povlaky	40
4.2.1	Plastové povlaky.....	40
4.2.2	Dočasné ochrany	40
4.2.3	Nátěrové hmoty	41
4.2.3.1	Složky nátěrových hmot	41
4.2.3.1.1	Netěkavé složky.....	41
4.2.3.1.2	Těkavé složky	42
4.2.3.2	Značení nátěrových hmot	43
4.2.3.3	Způsoby aplikace nátěrových hmot.....	45
4.2.3.3.1	Ruční nanášení.....	46
4.2.3.3.2	Aplikace v rotujícím bubnu	46
4.2.3.3.3	Aplikace navalováním	47
4.2.3.3.4	Aplikace máčením	47
4.2.3.3.5	Aplikace poléváním.....	48
4.2.3.3.6	Aplikace stříkáním.....	48
4.2.3.4	Sušení a vypalování nátěrů	49
5	TENKÉ VRSTVY	51
5.1	Systém tenké vrstvy	51
5.2	Materiály a využití tenkých vrstev.....	52
5.3	Vlastnosti tenkých vrstev.....	53
5.4	Technologie vytváření tenkých vrstev	53
5.4.1	PVD (Physical Vapour Deposition)	53
5.4.2	CVD (Chemical Vapour Deposition)	54
5.4.2.1	Srovnání metod CVD a PVD.....	55
5.4.3	PECVD (Plasma Enhanced Chemical Vapour Deposition)	56
5.4.4	MOVPE (Metal Organic Vapour Phase Epitaxy)	56

5.4.5	MBE (Molecular Beam Epitaxy).....	56
5.5	Nanočástice v povlacích a jejich vlastnosti	57
6	PRACH A PRAŠNOST	59
6.1	Důvody vzniku.....	59
6.2	Druhy prachových částic podle tvaru, velikosti a škodlivosti	60
6.3	Vlastnosti	61
6.4	Člověk a prach	62
6.5	Vliv prachu na nátěrový systém.....	64
7	NÁVRH EXPERIMENTÁLNÍ METODIKY	66
8	POSTUP A VYHODNOCENÍ EXPERIMENTŮ	67
8.1	Příprava a označení vzorků.....	67
8.2	Zkoušky pro hodnocení čistoty povrchů.....	69
8.2.1	Stanovení prachu na připraveném povrchu pro natírání.....	70
8.2.2	Měření drsnosti povrchů vzorků.....	75
8.3	Zaprášení - normální, vysušená, mokrá křída.....	84
8.4	Nanášení nátěrové hmoty a její zkoušky	91
8.4.1	Měření mokré tloušťky filmu	91
8.4.2	Měření suché tloušťky filmu	92
8.5	Zkoušky odtrhové pevnosti.....	98
8.5.1	Mřížková zkouška	98
8.5.2	Křížový řez	104
8.5.3	Odtrhová zkouška.....	109
9	ZÁVĚR	119
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	122
	SEZNAM OBRÁZKŮ	135
	SEZNAM TABULEK.....	139
	SEZNAM GRAFŮ.....	141

SEZNAM POUŽITÝCH ZNAČEK A SYMBOLŮ

ZNAK	VELIČINA/VÝZNAM	JEDNOTKA
Ag	Stříbro	-
Ag ₂ O ₃	Oxid stříbrný	-
Al	Hliník	-
Al ₂ O ₃	Oxid hlinitý	-
Apod.	A podobně	-
Ar	Argon	-
As	Arzen	-
Atd.	A tak dále	-
Atp.	A tak podobně	-
Au	Zlato	-
Cd	Kadmium	-
CH ₄	Metan	-
GH	Ocelová drť nejvyšší tvrdosti	HRC
GL	Ocelová drť střední tvrdosti	HRC
Cr	Chrom	-
CO	Oxid uhelnatý	-
CO ₂	Oxid uhličitý	-
Cu	Měď	-
Cv	Variační koeficient	%
CVD	Chemical Vapour Deposition	-
ČSN	Česká státní norma	-
DIN	Německá národní norma	-
EN	Evropská norma	-
FeO	Oxid železnatý – wustit	-
Fe ₂ O ₃	Oxid železitý – hematit	-
Ge	Germanium	-
GS	Ocelová drť nejnižší tvrdosti	HRC
H ₂	Vodík	-
H ₂ SO ₄	Kyselina sírová	-
H ₃ PO ₄	Kyselina fosforečná	-
HCl	Kyselina chlorovodíková	-
He	Helium	-
Hi	Nejvyšší naměřená hodnota	μm

HRC	Tvrdost podle Rockwella	-
HV	Tvrdost podle Vickerse	-
IKO	Index kvality ovzduší	-
IR	Infrared (Infračervené)	-
ISO	Mezinárodní norma	-
I ₂	Jód	-
Kr	Krypton	-
lo	Nejmenší naměřená hodnota	μm
lr	Rozsah základní délky	mm
MBE	Molecular Beam Epitaxy	-
MOVPE	Metal Organic Vapour Phase Epitaxy	-
Mn	Mangan	-
N ₂	Dusík	-
N ₂ O	Oxid dusný	-
NaCl	Chlorid sodný	-
Ne	Neon	-
NH	Nátěrová hmota	-
NH ₃	Čpavek	-
Ni	Nikl	-
NO ₂	Oxid dusičitý	-
n	Počet měření	-
O ₂	Kyslík	-
O ₃	Ozon	-
PA	Polyamid	-
PE	Polyethylen	-
PECVD	Plasma Enhanced Chemical Vapour Deposition	-
PbSiO ₃	Křemičitan olovnatý	-
PM ₁	Particulate matter – částice o velikosti do 1	μm
PM _{2,5}	Particulate matter – částice o velikosti do 2,5	μm
PM ₁₀	Particulate matter – částice o velikosti do 10	μm
PTFE	Polytetrafluorethylen	-
PVC	Polyvinylchlorid	-
PVD	Physical Vapour Deposition	-
Ra	Průměrná aritmetická úchylka profilu	μm
Rp	Největší výška výstupku profilu	μm

Rv	Největší hloubka prohlubně profilu	μm
Ry	Největší výška nerovnosti profilu	μm
Rz	Výška nerovnosti profilu určená z 10 bodů	μm
Sa	Stupeň přípravy povrchu tryskáním	-
SiC	Karbid křemíku	-
SiO ₂	Oxid křemičitý	-
Si ₃ N ₄	Nitrid křemičitý	-
SO ₂	Oxid siřičitý	-
TiO ₂	Oxid titaničitý	-
UV	Ultraviolet (Ultrafialové)	-
\bar{x}	Průměrná naměřená hodnota	μm
Xe	Xenon	-
Zn	Zinek	-
ZnO	Oxid zinečnatý	-
ZrO ₂	Oxid zirkoničitý	-
α	Poměrná pohltivost	-
ρ	Poměrná odrazivost	-
σ	Standardní odchylka	-
τ	Poměrná propustnost	-
ϕ	Relativní vlhkost vzduchu	%

0. ÚVOD

Povrchová úprava je v dnešní době již nedílnou součástí životního cyklu výrobků. Ačkoliv jde při výrobním procesu o produktivitu, funkčnost, flexibilitu, zkrácení výrobních časů a tím o finanční hospodárnost, jsou také kladeny požadavky a zvyšující se důraz na kvalitu a jakost materiálů, nástrojů i strojů a na životnost částí i celku. Zde přichází ke svému uplatnění organické povlaky, konkrétně nátěry, jakožto nerozšířenější ochrana kovů vůbec. Jejich výhodou je jejich rozšířenost tudíž snadná dostupnost, jednoduchost a mnoho možností aplikace, značný ochranný účinek, zdravotní nezávadnost, malá zátěž pro životní prostředí a výhodné jsou také z ekonomického hlediska. Nátěry neutvářejí jen vzhled výrobku, jak by se mohlo zdát, ale chrání jej převážně bariérovým způsobem od vlivů okolního prostředí. Převážně zabraňují nebo zpomalují mechanické a fyzikální změny, které by způsobovala materiálu koroze. A již snad ani není odvětví, v němž by povrchové úpravy potažmo povlaky nenacházely své uplatnění.

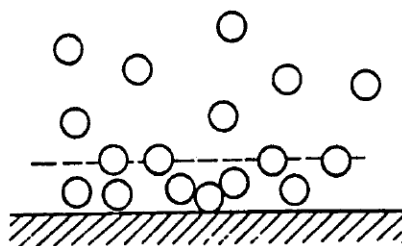
Aby bylo vytvoření funkčního povlaku vůbec možné je potřeba zajistit dobrou přilnavost nátěrové hmoty k podkladu. Tu ovlivňuje jak vhodná příprava povrchu a jeho stav před aplikací nátěru jako drsnost, tak zda se na něm nacházejí stopy rzi nebo okují a nečistoty. Za nečistoty jsou na povrchu považovány oleje, mastnoty, soli a prach. Výskyt prachových částic je často opomíjeným faktorem ačkoliv nás obklopují a to nejspíš z důvodu, že je někdy pouhým okem nemůžeme spatřit. Ovšem jejich výskyt může mít vliv na finální vlastnosti, odolnost, životnost a vzhled výrobku, proto je třeba problematice vlivu prachových částic a obecně prašnosti věnovat.

1 CHARAKTERISTIKA A VLASTNOSTI POVRCHU

Plochu materiálu, která je v kontaktu s okolním prostředím a odděluje jej od materiálu, nazýváme povrchem. Na atomy na povrchu působí větší síly oproti silám působícím na atomy ležícími uvnitř mřížky. Povrchové atomy jsou více reaktivní s atomy z okolí. Při vzájemném působení povrchu pevné látky a plynu mohou nastat jevy:

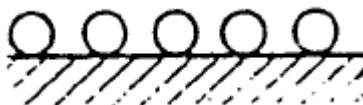
- Adsorpce

Nevratný děj, jehož principem je nahromadění plynných látek takzvaně adsorbátů na povrchu pevných látek (adsorbentů). Rozeznáváme dva druhy adsorpce: Fyzikální adsorpce: je rychlý proces. Pomocí Van der Waalsových sil jsou částice vázány k povrchu. Může vznikat více vrstev. [68]



Obr. 1 – Schéma částic při fyzikální adsorpci. [6]

Chemisorpce: proces je ze začátku rychlý proces, který se zpomaluje s pokrytím. Jde o monovrstvý proces, to znamená, že na povrchu může vznikat jen jedna vrstva. [68]



Obr. 2 – Schéma částic při chemisorpci. [6]

- Inkorporace

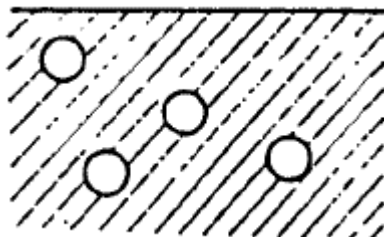
Inkorporací je nazván proces, kdy částice vnikají do povrchové vrstvy. [6]



Obr. 3 – Schéma částic při inkorporaci. [6]

- Absorpce

Absorpce je pronikání částic do větších hloubek než jen do povrchových vrstev jako u inkorporace. [6]

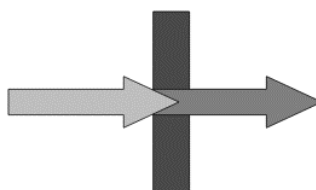


Obr. 4 – Schéma částic při absorpci. [6]

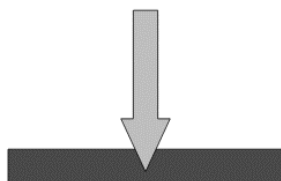
1.1 Fyzikální vlastnosti

- Optické vlastnosti

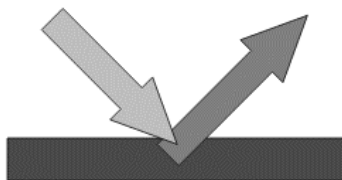
Energie vlnění se při dopadu na těleso dělí do tří částí a to na energii, která bude pohlcena, odražena a průchozí. Protože hodnota poměrné propustnosti τ je zanedbatelná, není dále uvažována. Poměrná odrazivost ρ spolu s poměrnou pohltivostí α jsou závislé na typu struktury a chemickém složení materiálu a také na tom, jakou vlnovou délku a směr má dopadající světlo. Pohltivost je vlastnost popisující kolik světla materiál pohltí oproti celkovému dopadenému množství na povrch. Odrazivost je vlastností popisující kolik světla se od povrchu materiálu odrazilo oproti celkovému dopadenému množství na povrch. Pro různé drsnosti povrchu a různé materiály se poměr odrazivosti a pohltivosti zásadně mění. [6, 20, 71]



Obr. 5 – Schéma propustnosti. [21]



Obr. 6 – Schéma pohltivosti. [20]



Obr. 7 – Schéma odrazivosti. [71]

- Elektrické vlastnosti

Změněné vazby i potenciály, poruchy mřížky, rozdílná složení je u reálných povrchů možné na rozdíl od těch ideálních, což má vliv na jejich elektronový stav, který udává jeho elektrické vlastnosti. Důležitými vlastnostmi a termíny, které by neměly být opomíjeny, jsou zde elektrický odpor, elektrická vodivost, hustota elektrického proudu, elektrická pevnost.

- Emisní vlastnosti

Emise se dělí na dva druhy na termickou a studenou. Pokud se teplota zvýší dostatečně nejčastěji ohřevem, pak se elektrony začnou uvolňovat a mluvíme o termické emisi. Pokud se elektrony začnou uvolňovat při vnějším dopadu elektronu, pak jde o studenou emisi. Je třeba ovšem nejprve vložit práci. Nečistoty mají vliv na emisi stejně tak jako plyny, které byly adsorbovány. [6]

1.2 Mechanické vlastnosti

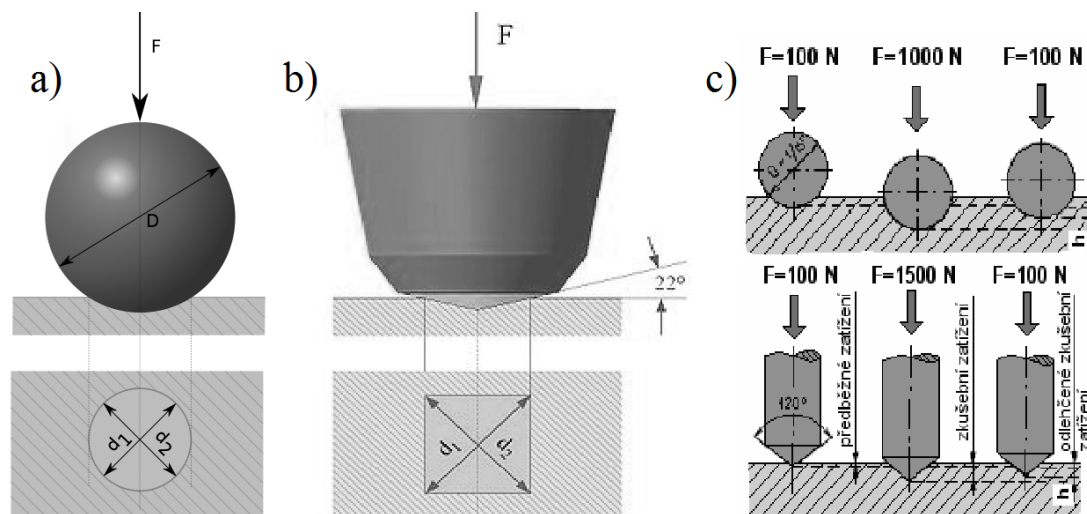
- Pnutí

Pnutí vzniká jako reakce na výrobu například odlévání, na spojování například při svařování nebo při kompletizaci a jejich druhy dělíme do skupin na dočasná a zbytková podle toho jak dlouho působí nebo podle příčiny vzniku na deformační, tepelné a strukturální nebo také podle objemu ve kterém působí na makropnutí (tzv. napětí I. druhu), mikropnutí (II. druhu) a submikropnutí (III. druhu). [6, 75]

- Tvrdost

Tvrdostí je myšlen kladoucí odpor zkoušeného materiálu proti vnikání zkušebního tělesa. Metody zkoušek tvrdosti mohou být jak statické tak dynamické. Měřit můžeme makrotvrdost, mikrotvrdost a pokud chceme měřit povlaky tak i nanotvrdost. Principiálně rozlišujeme zkoušky vrypové, vnikající, kyvadlové a odrazem z nichž nejpoužívanější

je zkouška statická vnikající. Ta se dále dělí na tvrdostní zkoušky dle Rockwella (tělesem je kužel nebo kulička), Brinella (kulička) a Vickerse (jehlan). [9]



Obr. 8 – Zkouška tvrdosti dle a) Brinella, b) Vickerse. c) Rockwella. [72,73,74]

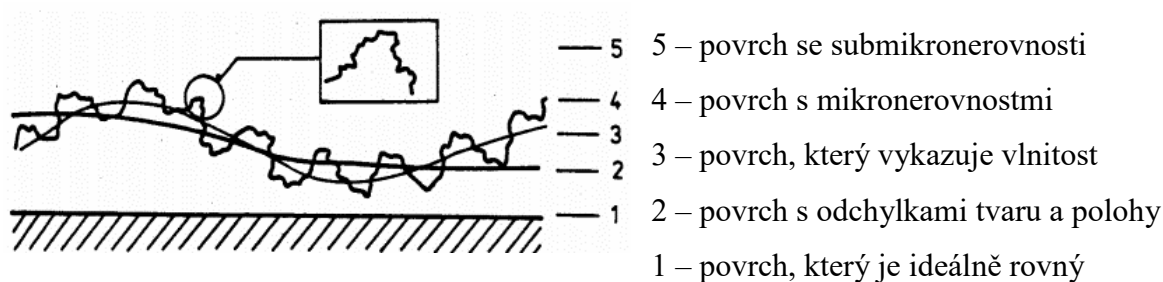
1.3 Chemické vlastnosti

Chemické a fyzikální vlastnosti se od sebe navzájem špatně odlišují, u obou jsou výchozím atomární vazby. Chemickou vlastností je pokud se změní oxidační stav nebo chemické složení. Důležité jsou změny na fázovém rozhraní kov (pevné skupenství) a kapalně nebo plynné skupenství, jejich podstatou je chemisorpce. [6]

- Rozpustnost

Chemická vazba ovlivňuje do značné míry rozpustnost látek. Rozdělujeme ji na aktivní a pasivní. O aktivní rozpustnosti respektive anodické aktivní rozpustnosti hovoříme tam, kde na povrchu kovu nenacházíme film. Při kontaktu s okolním prostředím (atmosférickým) se na povrchu kovů začínají vytvářet oxidické vrstvy, které zpomalí přechody aniont z elektrolytu – povrch a iont kovu – roztok. O pasivním stavu hovoříme tehdy, vznikají-li sloučeniny, které jsou nerozpustné a jejich korozní rychlost je nízká, jsou tedy vynikající ochrannou. [6]

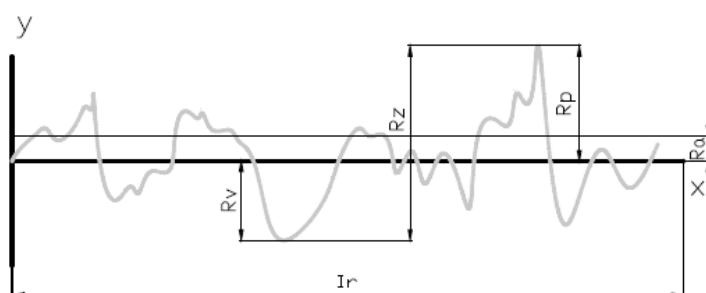
1.4 Geometrické vlastnosti



Obr. 9 – Schéma geometrie povrchu. [22]

Odchylky tvaru a polohy (2) od ideálního povrchu (1) nazýváme makronerovnostmi a jsou jimi například různé nepravidelnosti. Nerovnosti, které se opakují periodicky a vytvářejí se pokud se chvěje stroj popřípadě nástroj při obrábění jsou vlnitostí (3). Pokud mikronerovnosti vznikají pravidelně vlivem technologického postupu pak jde o drsnost povrchu (4) a na ty se dále navazují ultramikronerovnosti (5), které jsou snaha materiálu o stabilní stav. [7]

Nejdůležitějšími profily drsnosti jsou průměrná aritmetická úchylka profilu (R_a [μm]), největší výška výstupku profilu (R_p [μm]), výška nerovnosti profilu určená z deseti bodů (R_z [μm]), největší hloubka prohlubně profilu (R_v [μm]) na rozsahu základní délky (l_r [mm]). [8]



Obr. 10 – Schéma drsnosti profilu. [70]

2 PŘÍPRAVA POVRCHU PŘED APLIKACÍ POVLAKU

Povrchy všech kovových materiálů jsou nějakým způsobem znečištěny. Může to být způsobeno skladováním, výrobou, přepravou apod. Předtím než bude povlak aplikován, musí být tyto nečistoty odstraněny. Podle typu vazby jakým jsou nečistoty vázané k povrchu materiálu, vybíráme technologii (mechanickou nebo chemickou) jejich odstraňování.

2.1 Technologie mechanické

Mechanická příprava slouží k dosažení jakosti povrchu, která by byla vhodná/dostatečná pro ukotvení povlaku a neobsahovala korozní a oxidační prostředky, čehož můžeme docílit pomocí různých technologií, mezi které patří: otryskávání, omílání, kartáčování, broušení, leštění, oklepávání, válečkování. [1]

2.1.1 Otryskávání

Otryskáváním dosahujeme povrchu požadované jakosti a to tak, že otryskávacímu médiu je dána kinetická energie pomocí mechanických nebo pneumatických tryskačů a je určitou rychlostí vrháno na plochu předmětu, která má být tryskána. Otryskáním podle stupně zarezavění (A, B, C, D) dosahujeme stupně přípravy povrchu resp. stupně čistoty povrchu (Sa 1, Sa 2, Sa 2 ½, Sa 3). [5]



Obr. 11 – Stupně čistoty povrchu po tryskání. [5]

Otryskávat můžeme pomocí některého z nepřeberného množství druhů médií, které jsou na trhu k dostání od různých výrobců a dodavatelů. Jejich základní rozdělení je podle toho zda-li jsou kovová nebo nekovová.

2.1.1.1 Otryskávací média kovová:

Ocelový granulát – je používán chceme-li otryskávat plochy nebo profily, zvýšit povrchovou tvrdost, odstranit otřepy nebo čistit odlitky. Vyrábí se z ocelových směsí, které mají malé procento uhlíku. Je tvrdý, odolný a má vysokou trvanlivost. [25]



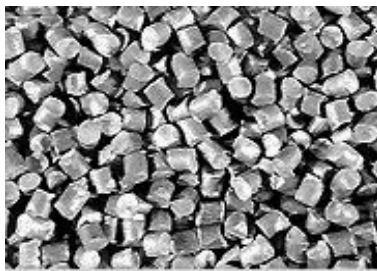
Obr. 12 – Ocelový granulát. [27]

Ocelová drť – je ostrohranná s různým stupněm tvrdosti podle oblasti využití (otryskávání starých barev, koroze nebo okují, zdrsnění apod.). Rozděluje se do skupin: GS, kde HV=450-560 a HRC=40-50, vhodná pro odstraňování okují, ostré hrany jsou rychle zaobleny. GL, kde HV=600-700 a HRC=55-60, vhodná pro odstraňování okují a také jako příprava před dalšími operacemi, během procesu dochází k zaoblení ostrých hran. GH, kde HV=800-950 a HRC=68, ostré hrany má v průběhu celého procesu. [26, 29]



Obr. 13 – Ocelová drť. [29]

Ocelový sekaný drát – jeho hlavní výhodou je, že se dá používat opakovaně, neboť při tryskání dochází k zaoblování hran a vzniká granulát. HRC ocelového sekaného drátu je 40-50. Je vhodný pro zvýšení drsnosti a čištění. [28]



Obr. 14 – *Ocelový sekanyý drát.* [28]

Litinová drť – protože má litina větší procento uhlíku než ocel, je tato drť křehčí. Její tvrdost je HRC=45-65. [32]



Obr. 15 – *Litinová drť.* [33]

Litinový granulát – HRC=45-65. [34]



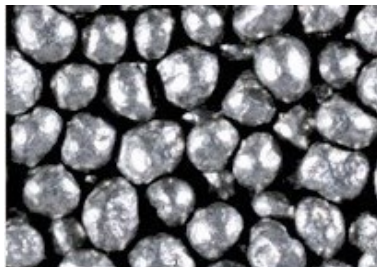
Obr. 16 – *Litinový granulát.* [35]

Karbid křemíku – hodí se pro suché i mokré tryskání. [36]



Obr. 17 – *Karbid křemíku.* [36]

Nerezový granulát – se vyrábí z ocelí s nízkým procentem uhlíku (0,05-0,25%) a vysokými procenty chromu (15-18%) a niklu (6-9%). Je používán chceme-li dosáhnout čistoty povrchu, převážně se využívá pro barevné kovy, odlitky a výkovky. Je velmi trvanlivý a odolný. [30]



Obr. 18 – *Nerezový granulát.* [31]

Měděný sekaný drát – vysoká odolnost proti opotřebení a tím vyšší trvanlivost, oproti jiným mediím menší prašnost a lesklost výsledného povrchu. [37]



Obr. 19 – *Měděný sekaný drát.* [37]

2.1.1.2 Otryskávací media nekovová:

Balotina – Mikrokuličky vyráběné ze skla o rozměrech 0,4-600 μm . Využívá se při odstraňování nátěrů, pro leštění a dokončovací tryskání nebo pokud chceme, aby byl povrch reflexní. [38, 39]



Obr. 20 – *Balotina.* [40]

Korund – Hnědý korund je používán jako vysoce odolný materiál pro otryskávání, pro vytvoření vysokojakostního povrchu. [41]



Obr. 21 – *Korund*. [42]

Duroplast – Duroplasty mají malou prašnost. Dělíme do tří skupin a to na polyester, aminoaldehyd a melamín. [43]



Obr. 22 – *Duroplast*. [44]

Vysokopecní struska – pro otryskávání používáme jako abrazivo vysokopecní strusku o zrnitosti 0,4-3,2 mm. [45]



Obr. 23 – *Struska*. [45]

Skořápky ořechů – Speciální abrazivo používané v případě, že je povrch zanesený a není žádoucí, aby byl povrch jakkoliv změněn nebo porušen. [46]



Obr. 24 – *Skořápky ořechů*. [46]

Zirblast – Jedná se o keramický tryskačí prostředek, který je používán, pokud nechceme deformovat ani porušit strukturu povrchu, ale chceme docílit zpevnění povrchové vrstvy popřípadě očištění povrchu od starých nátěrů, laků nebo otřepů. [47]



Obr. 25 – *Zirblast*. [48]

2.1.2 Omílání

Za pomoci procesu omílání odstraňujeme nečistoty, otřepy nebo nerovnosti povrchu zbylé po předchozích operacích jako je například obrábění, zaoblení, leštění atp. Podle velikosti, počtu a tvaru omílané součásti volíme vhodný stroj (bubny/ zvony). Do bubnu vkládáme brusivo, brusné a nosné kameny u mokré metody kapalinu. Brusných kamenů/ tělísek je velké množství tvarů z různých materiálů. Velkou výhodou je současné opracovávání většího množství součástí zároveň. [61]



Obr. 26 – Keramická, plastová brousící a leštící tělíska. [62]

2.1.3 Kartáčování

Kartáčování je operace, kterou odstraňujeme z povrchu ty nejhrubší nečistoty. Také ji můžeme zařadit po broušení, aby byl povrch sjednocen a zjemněn. Jedná se o jednoduchou a finančně dostupnou metodu. Dosahujeme zde stupně přípravy povrchu St 2, St 3. [6]

Kartáčování provádíme ručně a/nebo strojně. Kartáče takzvaně ruční mají podle provedení buď plastový, kovový nebo dřevěný držák s otvory, v nichž jsou zasazena vlákna. U kartáčů strojních mohou být vlákna umístěna radiálně nebo axiálně. Vlákna rozdělujeme podle tvaru na rovná či vlnitá a podle materiálu na kovová (ocelová, mosazná atp.) nebo nekovová (umělá, přírodní popřípadě rostlinná). [24]



Obr. 27 – *Ruční kartáč s vlákny a) mosaznými, b) ocelovými, c) nylonovými.* [49]



Obr. 28 – *Strojní drátěný mosazný kartáč.* [50]



Obr. 29 – *Strojní drátěný ocelový kartáči.* [51]

2.1.4 Broušení

Pro broušení využíváme nástrojů s nedefinovanou řeznou geometrií – brusné kotouče, brusné hlavy, brusné pásy v různých rozměrech, materiálech a hrubostech. Kotouče můžeme využít jak pro odstranění rzi, tak pro dekorování finálních ploch. Jejich tvrdost je rozdělena do kategorií na měkké, střední a tvrdé a zrnitost do skupin na hrubé, střední, jemné a velmi jemné. Parametry broušení a typ nástroje volíme podle tvaru součásti a jejího materiálu. Brousit můžeme vnější i vnitřní válcové, rovinné plochy, tvarové plochy i závit.



Obr. 30 – Brusné kotouče a brousící tělíska. [58]



Obr. 31 – Brusné pásy. [59]



Obr. 32 – Brusná hlava. [60]

2.1.5 Leštění

Leštění pomáhá odstraňovat poslední stopy po předcházejících technologických operacích (ať se jedná o broušení či kartáčování) nebo jím dosahujeme požadovaného stupně lesku. Jedná se tedy o docílení výsledné požadované jakosti opracovávané plochy. [1]

Leštění se většinou provádí v několika krocích a podle toho jsou vybírány typy kotoučů a past, které pro operaci použijeme. Leštící kotouč upevňujeme podle jeho konstrukce popřípadě podle vyhovující redukce do brusky, vrtačky nebo leštičky. Pro první leštění tzv. předleštění využíváme nejčastěji tuhých kotoučů z bavlny (nebo podobných materiálů) a leštící pastu vybíráme podle typu leštěného materiálu, velikosti úběru a lesklosti které chceme dosáhnout např. pro předleštění barevných kovů pastu hnědou polomastnou/ mastnou s hrubší strukturou. Pro další stupeň leštění (tzv. dolešťování) používáme méně tvrdých kotoučů a vybíráme pasty, které jsou naopak suché a jemné nebo je možné pro dosažení vysokého lesku použít i tekuté leštící pasty. [1]



Obr. 33 – Leštící kotouče. [57]



Obr. 34 – Leštící pasty. [56]

2.1.6 Oklepávání

Pro oklepávání můžeme použít ruční oklepávací kladiva nebo kladiva pneumatická s různými nástavci. Pomocí technologie oklepávání odstraňujeme z povrchu rez, barvu, okuje, strusku po svařování atp.



Obr. 35 – *Kladivo ruční pro oklepávání.* [54]



Obr. 36 – *Kladivo pneumatické pro oklepávání.* [55]

2.1.7 Válečkování

Pro využívání technologie válečkování je třeba mít speciální nástroj, ovšem stroje můžeme používat ty, které jsou k dispozici a to jak soustruhy, frézky i obráběcí centra. Jde o beztržiskovou metodu obrábění, která funguje tak, že se nástroj přitlačí na povrch materiálu a odvaluje se po něm, čímž zvyšuje pevnost a povrchové vrstvy, hladkost a otěruvzdornost. Podmínkou využití je tvrdost materiálu indikovaná kuželem podle Rockwella menší než 40 HRC. Výhodná je především kvůli ekonomičnosti oproti lapování nebo broušení. [23]



Obr. 37 – *Nástroj pro vnitřní válečkování.* [52]



Obr. 38 – *Nástroj pro vnější válečkování.* [53]

2.2 Technologie chemické

Chemickými technologiemi odstraňujeme nečistoty, které jsou k povrchu vázány chemickými (nejčastěji se jedná o rzi) nebo fyzikálními (například tuky) vazbami.

2.2.1 Odmašťování

Podle toho jakým způsobem je odmašťování realizováno rozlišujeme odmašťování ponorem (obr. 39), postřikem (obr. 40), elektrolytické, v parách, mechanické a tepelné a ultrazvukem (obr. 41). Rozdělení podle toho jakého odmašťovacího prostředku bylo použito na odmašťování alkalickými roztoky, neutrálními roztoky, organickými rozpouštědly, emulzní, elektrolytické, odmašťování opalem a čištění vysokotlaké a v parách. [1, 6, 7]

U alkalického odmašťování mastných kyselin jsou tuky (rostlinné i živočišné) odmašťovadla uvolní nečistoty, přejdou do roztoku a zároveň zabrání zpětnému vyloučení na povrch. U olejů probíhá emulzifikace a následné rozptýlení do odmašťovacího roztoku. Po odmaštění následuje vždy oplach vodou kvůli odstranění zbytků odmašťovadel a dalších nečistot. Na stejném principu funguje odmašťování elektrolytické akorát je zde navíc použit elektrický proud a rozdělujeme ho na katodické, anodické a katodicko-anodické (nejúčinnější).

Organického odmašťování využíváme převážně tam, kde není alkalické možné nebo je složité - jako například pokud je povrch více členěn nebo obsahuje malé otvory. Zde platí omezení velikostí vany a pro čištění jsou zde využívána organická rozpouštědla. Naopak odmašťování v parách je používáno pro rozměrné dílce. [69]



Obr. 39 – *Odmašťování ponorem.* [67]



Obr. 40 – *Odmašťování tlakovým postřikem.* [66]



Obr. 41 – *Odmašťování – ultrazvuková vana.* [65]

2.2.2 Moření

Moření odstraňuje z povrchu oxidy, rzi a okuje chemickým nebo elektrochemickým způsobem za pomoci kyselin, z nichž nejčastěji používané jsou kyseliny sírová (H_2SO_4), chlorovodíková (HCl) a fosforečná (H_3PO_4). Vliv na rychlost moření a jeho výslednou kvalitu má jak druh, čistota a koncentrace použité kyseliny, tak rychlost moření. [1, 7]

Před samotným mořením je nejprve potřeba mít povrch zbavený nečistot mechanickým způsobem, odmaštěný a dvoustupňově opláchnutý. Následuje proces samotného moření a doba jakou mořicí prostředek působí. Po uplynutí daného času vysokotlacením opláchnout.

Mořit můžeme ponorem do mořicí lázně, postřikem nebo pomocí past. Pro moření ponorem je třeba mít k dispozici mořicí vanu o vhodném rozměru pro dané součásti a u větších také jeřáb neb jiný druh manipulační techniky. Pokud mají součásti nevhodný tvar nebo jsou příliš velké, je možné využít moření postřikem (vhodné i u vnitřních i vnějších ploch). [63]



Obr. 42 – Mořicí lázeň. [64]



Obr. 43 – Prostředky pro moření postřikem a pastou. [63]

3 KOROZE

Pokud prostředí působí chemicky nebo fyzikálně na nechráněný povrch materiálu, dojde k jeho většímu nebo menšímu znehodnocení korozí. Znehodnocení může znamenat jak například ztrátu barvy, tak ale i ztrátu celistvosti. Ke korozi jsou náchylné skoro všechny materiály, ať už jsou to kovy včetně svých slitin, plasty, silikáty nebo mnoho dalších. Ochranu proti korozi je možné zvolit trvalou nebo dočasnou. [109]

3.1 Druhy protikorozní ochrany

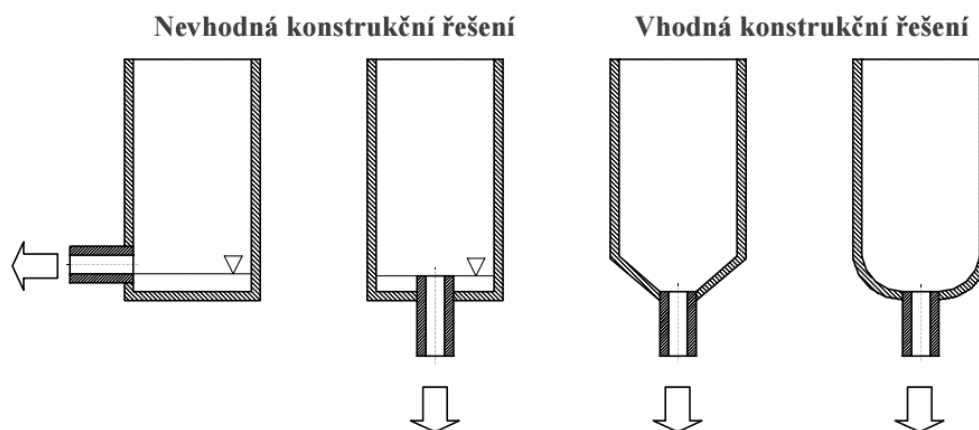
Proti korozi lze povrchy chránit mnoha způsoby, avšak je třeba znát její mechanismus a kinetiku, aby bylo možné zamezit jejímu vzniku nebo zajistit zpomalení postupu. [1]

- **Vhodný materiál** – Pro volbu vhodného materiálu je důležité znát i zbytek korozního systému zahrnující okolní prostředí (nejčastěji se jedná o atmosféru), podmínky provozu a také parametry. Vždy vycházíme z korozní agresivity prostředí více viz. kapitola 3.1.2. Je nutno uvažovat, že každý materiál je jiný a proto i za totožných podmínek bude korodovat jinak s jinou rychlostí a že neexistuje materiál, který by odolal korozi vždy za všech podmínek. Při volbě optimálního materiálu se rozhoduje na základě kvality odolnosti materiálu pro prostředí, ve kterém bude součást/ konstrukce exponována, ale také na základě ceny takového materiálu. Musí být dbáno i na bezpečnost a ekologii. Lze říct, že čím homogennější, s menším vnitřním pnutím, čistším, hladším povrchem, tím lepší odolnost proti korozi. Kovy, které jsou čisté, mají ovšem malou pevnost a proto využíváme spíš jejich slitin. Nikdy nevyužíváme kombinace kovů, které mají velký rozdíl mezi jejich potenciály z důvodu vzniku korozního článku. [110, 111]

- **Změna prostředí** – Touto změnou docílujeme snížení agresivity korozního prostředí. Korozní prostředí můžeme upravit buď odstraněním agresivních složek (O_2 , vlhkost) nebo za pomoci inhibitorů koroze (anodických nebo katodických). [111]

- **Ochrana dočasná** – dočasná ochrana nemá sloužit k ochraně součásti/konstrukce po celou dobu její životnosti, ale jen pro přepravu nebo skladování. Před dalším úkonem se odstraňují rozpouštědlem nebo se sloupnou.

- Vhodný tvar – Změnou/ úpravou konstrukce lze zmírnit korozní namáhání této konstrukce relativně levným a efektivním způsobem. Měli bychom se vyhnout složitým tvarům, koutům, ostrým přechodům, spárám a dalším prvkům, které by mohly vést například k zadržování vody. [4]



Obr. 44 – Konstrukční úprava. [111]

- Povrchová úprava povlakováním – vytvoření povlaku ať kovového nebo nekovového na povrchu předmětu je nejen ochranou proti korozi, ale můžeme jím také měnit jeho vlastnosti. Více v kapitole 4.

3.2 Korozní agresivita

Pomocí korozní agresivity klasifikujeme vnější prostředí. Každá tabulka je vhodná pro jiné prostředí (půda, voda, atmosféra). Vhodnou protikorozní ochranu, materiál, povlak volíme podle stupně korozní agresivity.

Tab. 1 – Stupně korozní agresivity vody. [4]

Stupeň	Typ vody	Příklad
Im1	Sladká	Konstrukce ve vodě, elektrárny
Im2	Mořská, poloslaná	Konstrukce v přístavu, stavidla, plošiny

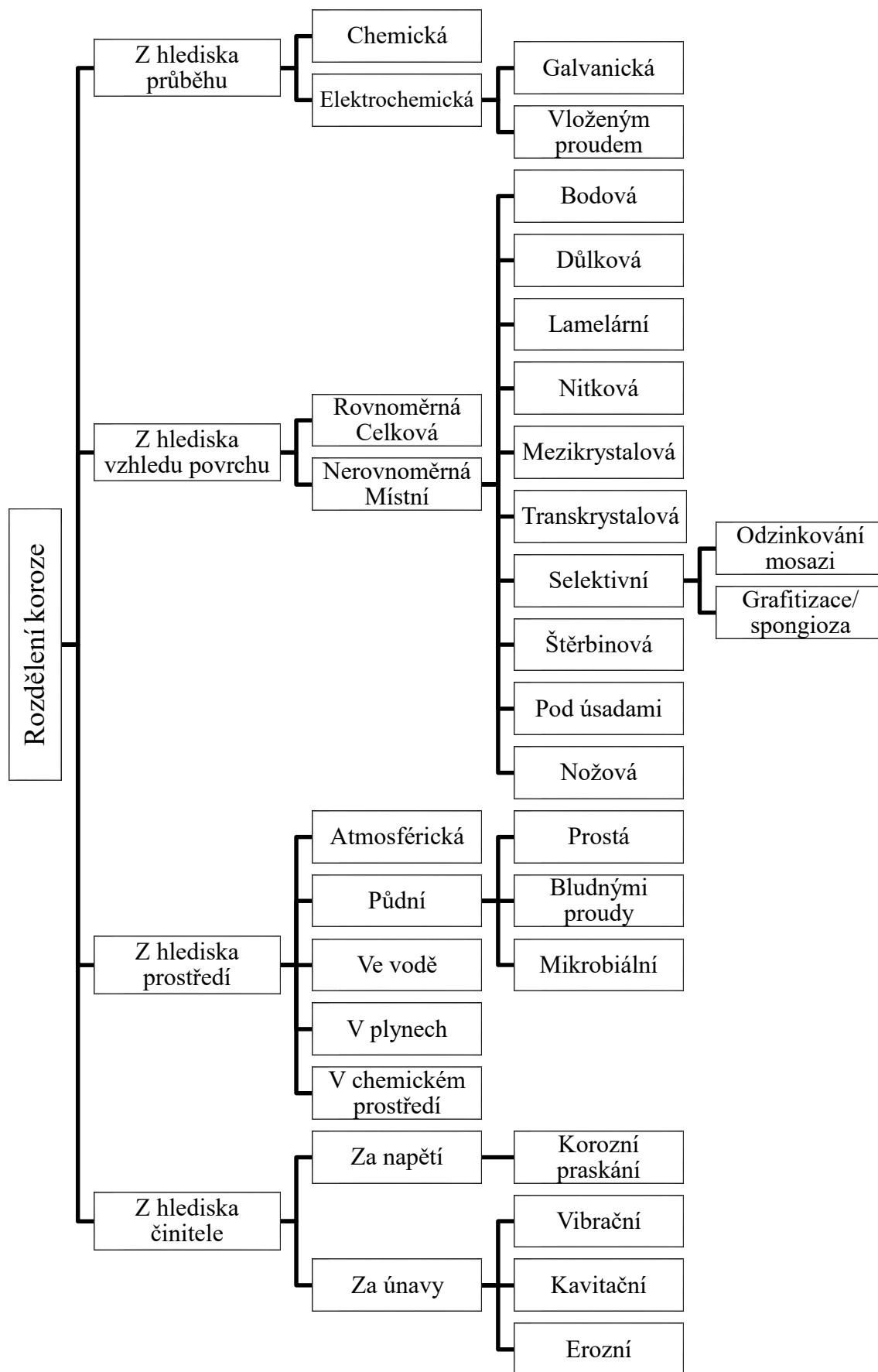
Tab. 2 – Stupně korozní agresivity půd. [4]

Stupeň	Prostředí	Příklad
Im3	Půda	Konstrukce v zemi

Tab. 3 – Stupně korozní agresivity atmosféry. [4, 110]

Stupeň	Agresivita	Příklad - venkovní	Příklad - vnitřní
C1	Velmi nízká	Oblasti s malým znečištěním a ovlhčením, suché nebo chladné (poušť, Arktida)	Prostory s nízkou vlhkostí, čisté, vytápěné (škola, hotel, kancelář)
C2	Nízká	Oblasti s malým znečištěním, krátce ovlhčené, mírné pásmo (venkov)	Prostory bez vytápění, kolísající teplota a vlhkost, malé znečištění (skladovací prostory)
C3	Střední	Oblasti s mírným znečištěním SO ₂ a mírnou kondenzací (města)	Prostory s vyšší vlhkostí a malým znečištěním (výroba potravin, pivovar)
C4	Vysoká	Oblasti s velkým znečištěním ovzduší SO ₂ pro mírné pásmo, středním pro tropy/subtropy (doky, města)	Prostory s častou kondenzací a velkým znečištěním (bazén, chemička)
C5-I	Velmi vysoká průmyslová	Průmyslové prostředí, vysoká vlhkost, vysoké znečištění SO ₂ (průmyslová centra)	Prostory s neustálou kondenzací, vysoce znečištěné ovzduší (doly)
C5-M	Velmi vysoká přímořská	Přímorské prostředí, vysoká vlhkost, slanost, subtropické pásmo	Prostory s neustálou kondenzací, vysoce znečištěné ovzduší (přístřešky v subtropech)
CX	Extrémní	Extrémní znečištění SO ₂ , chloridy nebo extrémní průmyslová nebo přímořská oblast	Prostory s neustálou kondenzací, extrémní vlhkostí a znečištěním

3.3 Rozdělení koroze



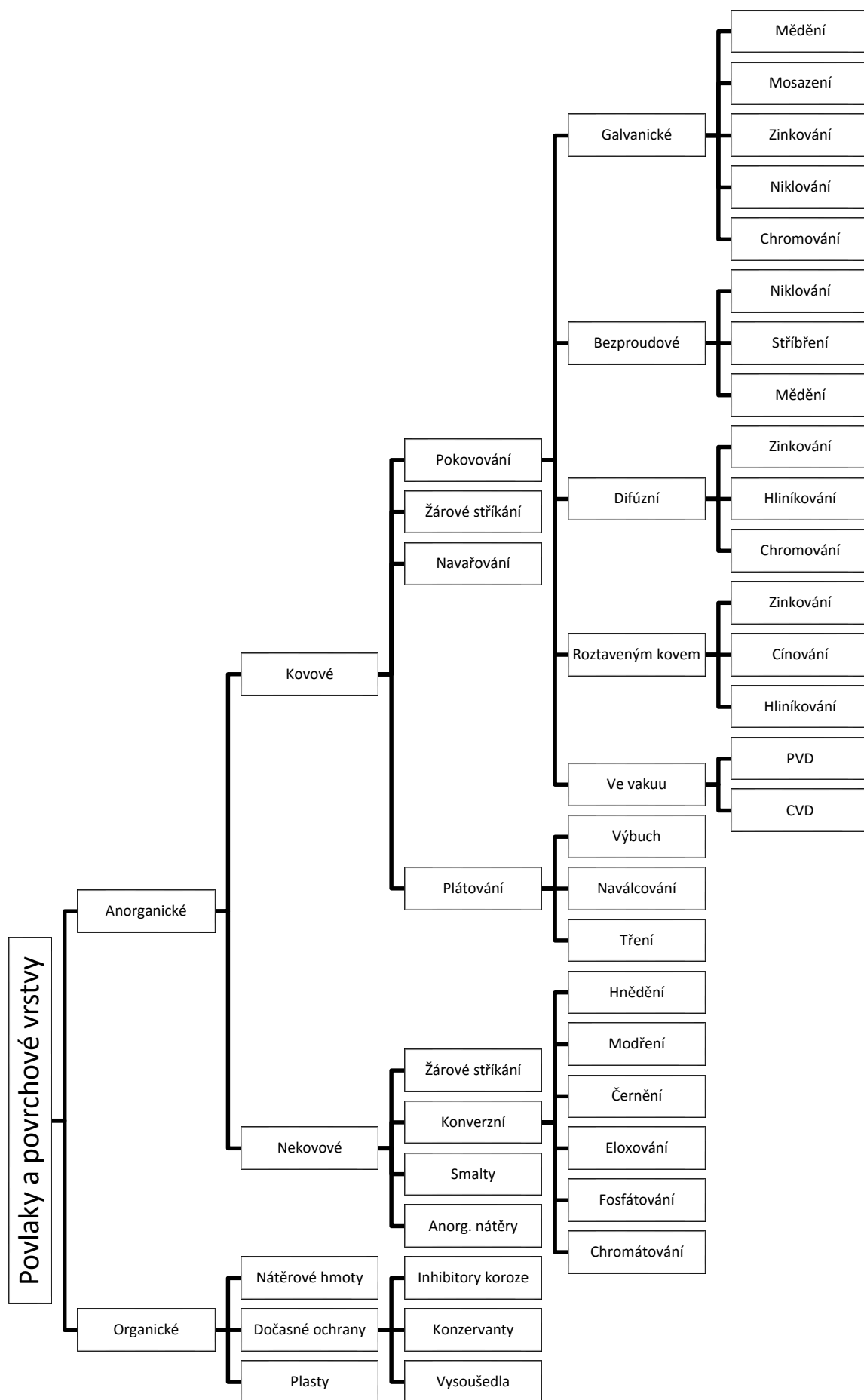
Graf 1 – Schéma rozdělení koroze. [107]

4 POVLAKY A POVRCHOVÉ VRSTVY

Pomocí povlaků a vrstev jsou povrchy součástí chráněny před vlivy okolního prostředí, jsou zlepšovány vlastnosti povrchu jako je například otěruvzdornost, také je jimi možná úprava vzhledu a zároveň slouží jako nejpoužívanější ochrana proti korozi. Vytvořit můžeme buď nové povrchové vrstvy anebo jen upravit vlastnosti povrchu původního, tak aby byla zaručena požadovaná životnost a zároveň funkčnost. Povrchové vrstvy vytváříme postupy, jako jsou cementování nebo nitridace oproti tomu povlaky vytvářejí novou vrstvu na původním povrchu. Mimo povlaky a povrchové vrstvy je možnost vytváření duplexních systémů. Duplexní systém je kombinovaný povlak, kde nejčastějším je systém povlaku vytvořený žárovým zinkováním a nátěrovou hmotou. [1]

Podle toho jaký charakter má výsledná vrstva je můžeme rozdělovat do dvou základních kategorií na anorganické, organické a potom dále podle schématu na grafu. Obecně lze říct, že čím větší vrstva (tloušťka) povlaku je nanесena, tím menší je přilnavost. Ochranná funkce organických povlaků je bariérovým způsobem (oddělí povrch součásti od okolního prostředí). Ochrana nátěry jsou nejpoužívanějším druhem organického povlakování. Dále sem ještě patří ochrana plastickými hmotami a také systémy dočasné ochrany jako jsou například konzervační povlaky. Skupina anorganického vytváření povrchové ochrany se dále rozděluje na technologie kovové a nekovové. Nekovovými jsou technologie smaltování, konverzní povlaky a anorganické nátěry. Skupinu kovových tvoří metody žárového nástřiku, plátování, navařování a pokovování. [1]

Dále je možné vrstvy dělit podle způsobu jakým byly vytvořeny, z nichž nejčastěji využívané jsou chemické reakce, galvanické procesy, difúze, vakuové metody, dále také stříkání, polévání, máčení. [1]



Graf 2 – Schéma rozdělení povlaků a povrchových vrstev.

4.1 *Anorganické povrchové vrstvy a povlaky*

4.1.1 Kovové

Pokovování rozdělujeme na difúzní, galvanické, ve vakuu, bezproudové a pomocí roztaveného kovu. Galvanické mědění je vhodné jako mezivrstva, protože povrch bez následné úpravy je velmi málo korozně odolný. Provádí se v kyanidových nebo kyselých lázních. U galvanického mosazení dochází k vytváření tenkých vrstev (5 μm) v kyanidových lázních a jejich složením je možné upravit poměr mezi Cu a Zn. Využívá se při povlakování drobných (například galanterních) předmětů. Pro galvanické zinkování používáme kyanidové, bezkyanidové, kyselé a slabě kyselé lázně, v nichž se vylučují zinkové povlaky, které na povrchu vytváří anodickou protikorozi ochranu. Galvanické chromování se používá, pokud je požadována zvýšená tvrdost povrchové vrstvy popřípadě vytvoření dekorativního povrchu. [1]

U bezproudového pokovování je kov vylučován elektrochemicky – materiál, který je pokovován má odlišný potenciál než solný roztok. Principiálně jde o to, že na povrch kovu, který je méně ušlechtilý se vylučuje kov, který je více ušlechtilý. Využíváme bezproudového niklování, stříbření a mědění. Rychlost bezproudových procesů je oproti galvanickým velice malá. [1]

V roztavených kovech pokovujeme v lázních s využitím zinku, hliníku a cínu. Tyto povlaky mají za úkol chránit kov před korozi a dodávají povrchu lesk. Cínování a zinkování se využívá pro ochranu plechů, hliníkování spíše pro drobnější předměty. Pro difúzní pokovování jsou využívány prvky: zinek, hliník, chrom. Při difúzním hliníkování se dále postupuje kalORIZací, aluMETACÍ nebo alITACÍ. Inchromováním se vytváří vrstva, která je slitinou železa a chromu a poskytuje korozní ochranu i koroznímu prostředí s výskytem chemických látek, vody, páry a dalších. Difúzního zinkování se nejčastěji využívá pro povlakování šroubů a matic. Před vakuovým pokovením musíme dbát na čistotu povrchu, pomocí této metody vznikají tenké a vysoce lesklé povlaky s použitím například pro reflektory nebo pro zrcadla. [1]

Žárovým nástřikem tzv. metalizací dochází k vytvoření ochranného povlaku za předpokladu dodání kinetické energie nataveným částicím kovu a tím jejich transportu na připravený povrch. Takový povlak je tvrdý, odolný proti korozi a opotřebení. K nástřiku je možné použít roztavený nebo práškový kov, popřípadě drátovou pistoli. Plátováním

se vytváří na povrchu větší vrstvy, až do tloušťky řádově milimetrů. Spoje můžeme realizovat naválcováním, výbuchem nebo třením. Navařování je prováděno plamenem nebo pomocí elektrického oblouku metodou MIG, TIG. [1, 7]

4.1.2 Nekovové

Nekovové anorganické povlaky a vrstvy fungují nejčastěji na principu bariérové ochrany nebo tak, že změní korozní odolnost. Podle toho, jak byl povlak nebo vrstva vytvořen, se rozlišují vazby. Může být fyzikální, chemická nebo mechanická. [7]

Smaltováním vytváříme bariérovou, souvislou, izolační, vysoce odolnou vrstvu proti otěru, korozi a vysokým teplotám (až 1100 °C), která může současně plnit i dekorativní funkci. Smalty rozdělujeme na základní, krycí a přímé. Základní smalt se nataví na kov (mechanicky nebo chemicky připravený) a stane se mezivrstvou mezi kovem a krycím smaltem, zaručuje pevnost spoje. Krycí smalt se nataví na vypálený smalt základní a může být jak transparentní, polo-transparentní tak zakalený (bílý i barevný) a musí mít vlastnosti, aby splňoval funkční požadavky. Přímé smalty slučují vlastnosti obou předchozích typů a umožňují tedy vytvoření smaltové vrstvy v jednom kroku. Smaltéřská břečka se aplikuje stříkáním, poléváním, namáčením, prášky/pudry elektroforézně nebo v elektrickém poli. Metoda závisí na typu materiálu, na který se smalt nanáší. Následuje vysušení břečky při smaltování za mokra, u suchého (prášek/pudr) sušení není nutné, vypálení a ochlazení. [7, 12]

Konverzní povlaky vznikají jako reakce základního materiálu a chemického roztoku. Slouží jako ochrana proti korozi a pro zlepšení přídržnosti dalších povlaků, ale lze jich využít i pro jejich otěruvzdornost nebo tvrdost. Oxidací – vytvořením oxidické vrstvičky pomocí chemického roztoku můžeme nejen chránit proti vlivům korozního prostředí, ale také upravit vzhled (barvu). Modření a hnědění ocelí se provádí ohřevem v pecích nebo v lázních (dusičnanových). Až předmět dosáhne požadovaného odstínu je vytažen a ochlazen. Černění je proces, během kterého se za zvýšených teplot v roztocích alkalických louhů vytváří na površích předmětů oxidické vrstvy. Oxidace hliníku se dá ještě rozčlenit na oxidace chemické například böhmitování a elektrochemické jako je eloxování. Fosfátováním vzniká na povrchu součásti měkká vrstva černo-šedé barvy korozně odolná s malou pevností. Po vytvoření fosfátové vrstvy (ponorem nebo postřikem) následuje konzervování, impregnace, pasivace nebo nátěr. Chromátování je prováděno

ponorem do alkalických nebo kyselých chromátovacích nebo pasivačních lázní a vytváří tak oxidační/pasivační vrstvu, která je odolná proti korozi. Pasivační vrstva je bezbarvá zatímco chromátováním je barva žlutá, hnědá až černá. [1, 7]

Anorganické nátěry aplikujeme natíráním nebo stříkáním. Fungují jako katodická ochrana a skládají se z 90 – 95 % Zn a pojivem je PbSiO_3 . Jinou možností je využití nátěrů popřípadě past, které působí bariérově u kterých, je třeba, aby se snadno nanášely, dobře ulpěly, neovlivňovaly lázně a šly vhodně odstranit. [7]

4.2 Organické povrchové vrstvy a povlaky

Ochrana organickými povlaky se skládá z nátěrových hmot, plastových povlaků, ale také systémů dočasné ochrany, pomocí nichž chráníme základní materiál před negativními vlivy okolního prostředí. Tyto povlaky patří mezi nejstarší, ovšem stále mezi nepoužívanější a ekonomicky nepříjemnější. [1]

4.2.1 Plastové povlaky

Tyto povlaky jsou vytvářeny z různých typů polymerů, jako jsou PA, PE, PTFE, PVC atp. Vhodný druh plastu vybíráme podle odolnosti k prostředí, ve kterém bude předmět umístěn a podle požadovaných výsledných vlastností. [6]

4.2.2 Dočasné ochrany

Dočasná ochrana slouží k tomu, aby na předmět během výroby, skladování nebo přepravy nepůsobily okolní vlivy a tak jej nezneškodnily. Dočasnou ochranou může být myšlena konzervace nebo ochranné obaly. Konzervačními prostředky mohou být oleje, vosky, laky. Vysoušedla jsou takové látky, které absorbují vlhkost. Inhibitory koroze jsou takové látky, které buď vytvářejí na povrchu tenkou ochrannou vrstvu anebo pasivují, čímž zpomalí nebo úplně zastaví korozi. [90]

4.2.3 Nátěrové hmoty

Nejvyužívanějším druhem protikorozi ochrany pro dosažení životnosti nechráněné oceli vystavené atmosféře, vodě, zemi apod. je povrchová úprava organickým povlakem – nátěrovou hmotou. Pro výběr vhodné NH je třeba vědět, jakému typu prostředí bude součást vystavena a jakou má mít životnost (nízká, střední, vysoká), jaký je typ natírané součásti a jaký je její povrch a jeho příprava. Nátěr může tvořit jedna nebo více ucelených vrstev. Které podle funkce, jež mají plnit, můžeme dělit na nátěry ochranné, designové, signalizační, maskovací a pro speciální účely. Podle místa expozice na vnitřní, venkovní a speciální (např. vysokoteplotní). Podle funkce a pořadí na napouštěcí, základní, vyrovnávací, podkladové, vrchní. Podle způsobu vytvrzení: zářením, schnoucí na vzduchu, vypálením. Před jejich nanášením je potřeba povrch i nátěrovou hmotu řádně připravit. [4]

4.2.3.1 Složky nátěrových hmot

Veškeré nátěrové hmoty jsou založeny na struktuře uvedené v tab. X avšak ne každá nátěrová hmota musí nutně obsahovat všechny.

Tab. 4 – Složení nátěrových hmot. [2]

Netěkavé složky	Těkavé složky
Pigmenty	Rozpouštědla nebo dispergační činidla
Plniva	Těkavá aditiva (přísady)
Filmotvorné složky	
Netěkavá aditiva (přísady)	

4.2.3.1.1 Netěkavé složky

- Filmotvorné složky

Jsou to polymery nebo oligomery. Jde o látky, které jsou zodpovědné a tvorbu filmu, to znamená za vytvoření soudržného povlaku nebo nátěrového filmu na daném podkladu (substrátu). A to tak, že navazují plniva a pigmenty. V závislosti na tom, jaký je jejich původ je můžeme rozdělit na přírodní, modifikované přírodní a syntetické látky. Jejich - avšak ne zcela přesné - označení je pojivo a každé má jiné složení a fyzikální vlastnosti, které rozhodují o odolnosti nátěru. Patří sem kaučuky (chlor i cyklo), alkydové, akrylátové, epoxidové a silikonové pryskyřice, různé druhy vysychavých olejů, živice (přírodní i umělé) a další.

Mezi filmotvorné látky řadíme i změkčovadla což jsou netěkavé látky, které svou činností (rozpustí nebo nefouknou filmotvornou složku) pomáhají dosáhnout výsledných vlastností (např. pružnost). [1, 2, 6]

- Plniva

Plnivo je prášek (rozemletá minerální látka), který je ve filmotvorné složce prakticky nerozpustitelný a složí k úpravě technologických vlastností a dodávají povlakovému materiálu (nátěrovému systému) větší objem „těla“. Příkladem plniva je například mastek, celulózová vlákna nebo písek. [2, 6]

- Pigmenty

Podle obsahu pigmentu rozdělujeme na transparentní, které vytvářejí na povrchu průhledný film jinak nazývané jako laky a fermeže a na pigmentované nazývané emaily, tmel, barva, podle obsahu pigmentu a plnidla a jejich film je neprůhledný. Jedná se o jemně rozptýlený prášek v pojivu, jenž dává nátěru vlastnosti, jako jsou například barva, kryvost a korozní odolnost. A podle funkce, kterou plní v rámci protikorozní ochrany je můžeme rozdělit na:

- a) Inhibiční – Chrání pasivací, regulací PH, vytvářením inhibičních látek. Pro základní nátěrové hmoty – zpomalují korozi
- b) Neutrální – Pro svrchní nátěry a zlepšení vlastností základního nátěru. Nemají na korozi vliv.
- c) Stimulační – Pro svrchní nátěry ne však pro základní. Urychlují korozi

Jako příklady lze uvést oxid titaničitý a zinečnatý, saze, grafit, perleťové pigmenty, železité pigmenty a další. [1, 2, 6]

4.2.3.1.2 Těkavé složky

- Rozpouštědla

Kapaliny nebo směsi tekutin, které jsou schopny rozpustit pojiva a převést filmotvorné složky do roztoku. Pokud slouží k úpravě viskozity, jsou také známé jako ředidla. Příkladem využívaných rozpouštědel jsou butylacetáty, butylglykoly, lakový benzín, toluen, xylen, voda a další. A podle rozpouštědla dělíme NH na: vodou ředitelné, rozpouštědlové, bez rozpouštědlové. [1, 2, 4, 6]

- Aditiva

Aditivy jsou látky, které jsou obvykle přidávány v malých množstvích a které mají konkrétní chemické nebo technologické účinky. Příkladem jsou sušidla, vytvrzovadla, zahušťovadla, dispergátory, konzervační látky apod. [2]

4.2.3.2 Značení nátěrových hmot

Každý typ nátěrové hmoty je určen pro jiné využití díky svým charakteristickým vlastnostem. Podle ČSN 673067 je jako první umístěno písmeno a za ním čtyřčíslí, které určuje druh nátěru (tab. 5, 6). Za nimi je umístěno čtyřčíslí, které dává barevné označení, u něž je první číslice tónem barvy a druhá je sytost (tab. 7, 8).






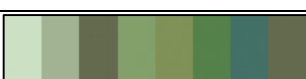



Tab. 5 – *Písmenné označení druhů nátěrových hmot.* [91]

Písmenné označení	Druh nátěrové hmoty
A	Asfaltová NH
B	Polyesterová NH
C	Celulózová NH
E	Prášková NH
H	Chlorkaučuková NH
K	Silikonová NH
L	Lihová NH
N	Pro nekonečné pásy
O	Olejová NH
S	Syntetická NH
U	Polyuretanová NH
V	Disperzní a emulzní NH
P	Pomocný přípravek







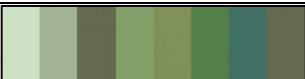



Tab. 6 – Číselné označení druhů nátěrových hmot. [91]

Číselné označení	Druh nátěrové hmoty
1000	Bezbarvá, fermež
2000	Pigmentovaná
3000	Pasta
4000	Nástříková hmota
5000	Tmel
6000	Ředidlo
7000	Tužidlo
8000	Pomocný přípravek
9000	Pryskyřice

Tab. 7 – Barevné označování podle ČSN. [91, 92]

Číselný rozsah označení	Název barvy	Barevný odstín
0000 - 0999	Bez barvy	
1000 - 1999	Šedá	
2000 - 2999	Hnědá	
3000 - 3999	Fialová	
4000 - 4999	Modrá	
5000 - 5999	Zelená	
6000 - 6999	Žlutá	
7000 - 7999	Oranžová	
8000 - 8999	Červená	
9000 - 9999	Ostatní	

Tab. 8 – Barevné označování podle stupnice RAL. [91, 92]

Číselný rozsah označení	Název barvy	Barevný odstín
0000 - 0999	Bez barvy	
1000 - 1999	Žlutá	
2000 - 2999	Oranžová	
3000 - 3999	Červená	
4000 - 4999	Fialová	
5000 - 5999	Modrá	
6000 - 6999	Zelená	
7000 - 7999	Šedá	
8000 - 8999	Hnědá	
9000 - 9999	Bílá a černá	

4.2.3.3 Způsoby aplikace nátěrových hmot

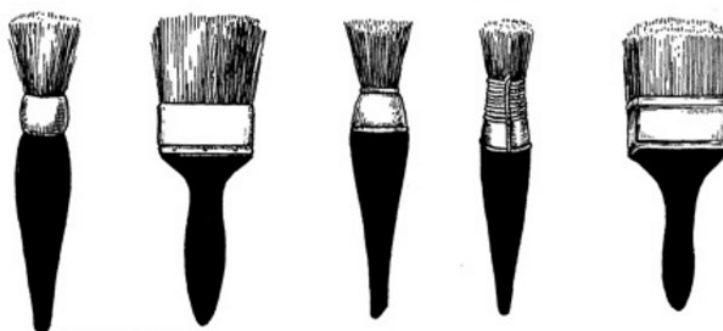
Před zahájením nanášení nátěrové hmoty je nutné povrch řádně připravit - pokud je povrch znečištěný mastnotami, rzí, okujemi, prachem nátěr bude schnout pomaleji a bude nedokonale zakotven. Cílem návrhu nátěrového systému by mělo být jak zaručení životnosti díky optimální protikorozi ochraně s přihlédnutím na prostředí a klimatické změny, tak ekonomické hledisko technologie vytváření nátěrů, provozních nákladů a údržby. Pro výběr technologie aplikace NH je potřeba zohlednit jaké je předmět velikosti, tvaru a v jakém počtu. Jaká je vstupní kvalita povrchu (předúprava a stupeň čistoty) a jakých je třeba dosáhnout výstupních vlastností nátěru. [6]

4.2.3.3.1 Ruční nanášení

Ruční nanášení NH je díky své jednoduchosti a univerzálnosti stále velmi vyhledávanou metodou. Ruční metody jsou: aplikace štětcem, válečkem, rukavicí. [93]

- Nanášení štětem

Podle velikosti natírané plochy volíme i velikost a tvar štětce. Štětce dělíme podle tvaru na pěstní, ploché, zahrazovací a zahnuté. Tento typ nanášení se uplatňuje zatírání malých ploch a u oprav. Nevýhodami je malá rychlost a pracnost. K provedení je kvalitního nátěru potřeba zručného a zodpovědného pracovníka a kvalitní štětce, u nichž délka štětín je do 5 cm. Výhodou jsou malé ztráty NH, vyplnění pórů, vysoká přilnavost k podkladu, malá náklady. Nejprve se zvolený štětec ponoří do vhodné NH až po podvázání nebo po plechovou objímku, následně se otre kvůli zajištění vyplnění mezer a znova namočí a otre pro odstranění přebytku. Mírně přitlačíme štětec k povrchu a nanášíme 3-4 tahy se stupňujícím se tlakem, následně proces opakujeme v kolmém směru těsně u sebe. Poté ještě znovu kolmo rozetřít. Na závěr ještě kolmo k předchozím tahům uhladit. [1, 6]



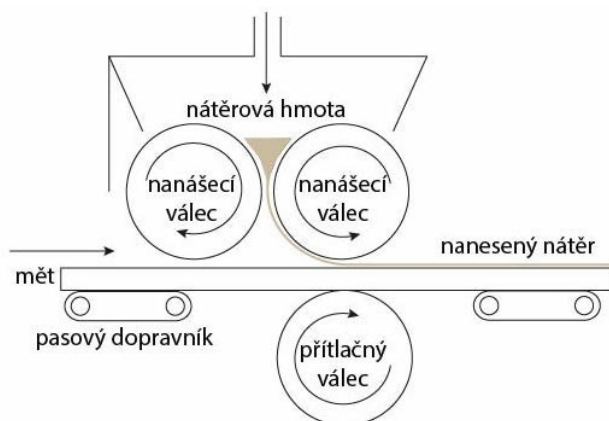
Obr. 45 – Příklad používaných štětců. [93]

4.2.3.3.2 Aplikace v rotujícím bubnu

Je to aplikace vhodná pro velký počet malých součástí. Principem metody je umístit součásti v bubnu, do kterého je nalito určené množství nátěrové hmoty. Následně je zařízení spuštěno a v rotujícím bubnu jsou součásti obaleny v NH. Součásti jsou vytaženy a rozloženy na síto, kde následuje zasychání nebo vypálení nátěru. Výhodou této metody je její produktivita, úspora nátěrových hmot a malá pracnost. Ovšem velikostí bubnu je omezená i velikost součástí. [93]

4.2.3.3 Aplikace navalováním

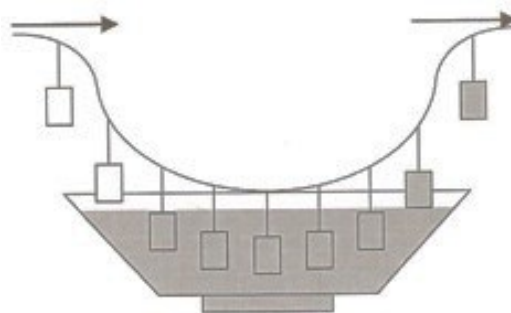
Výhodou vytváření nátěru metodou navalování jsou pouze malé ztráty NH, produktivita a možnost její automatizace. Princip metody je pomocí tří nebo více speciálních gumových válců navalit NH na součást. NH se dávkuje z nádrže čerpadlem. Podle uspořádání válců můžeme rozdělovat na postavení souběžné a reverzní. Tento typ aplikace je například využíván pro natírání plechů a nekonečných pasů (hladké a rovinné plochy). [6, 93]



Obr. 46 – Princip nanášení NH navalováním. [93]

4.2.3.4 Aplikace máčením

Aplikace NH máčením je využívána pro nanášení základních a podkladových nátěrů. V máčecí vaně, která je osazena čerpadly pro promíchávání, se předmět namočí do nátěrové hmoty a rovnoměrnou rychlostí se vytahuje a nechá okapat, uschnout a popřípadě se nechá vypálit. Tato metoda má využití u sériové výroby. Velikost vany by měla rozměrově odpovídat výrobkům.



Obr. 47 – Princip nanášení NH namáčením. [93]

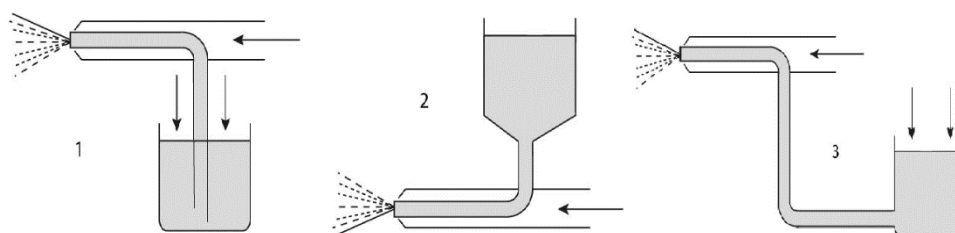
4.2.3.3.5 Aplikace poléváním

Tato metoda aplikace NH je využívána hlavně pro nátěry velkých součástí na rovinných plochách a je využívána při automatické výrobě (na linkách). Ztráty NH jsou nižší než u metody namáčení. Avšak na hranách zůstávají kapky a stékanice. [1, 6, 93]

4.2.3.3.6 Aplikace stříkáním

- Aplikace pneumatickým stříkáním

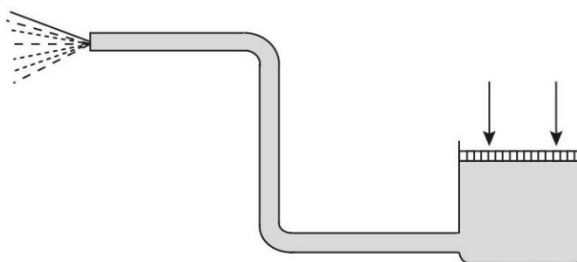
Stříkáním dosahujeme nátěru stejné tloušťky na celém povrchu. Rychlost práce je vyšší. Metoda je velmi rozšířená pro aplikace na velkých plochách. Ovšem u tohoto typu stříkání dochází k velkému procentu prostřiku. Proces může být prováděn jako ruční (s využitím stolových, podlahových nebo tunelových kabin) nebo jako mechanizovaný. Proud vzduchu, který je zde nosným médiem nese NH která je ve formě kapiček na povrch. [6, 91]



Obr. 48 – Možnosti nanášení NH pneumatickým stříkáním, systém: 1) nasávací, 2) spádový, 3) tlakový. [91]

- Aplikace vysokotlakým stříkáním

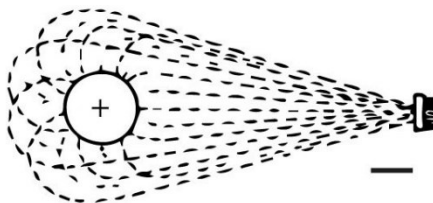
U této metody jsou kapičky NH proudem vzduchu nanášeny na povrch součástí pomocí tlaku nebo elektrického náboje. U vysokotlakého tj. bezvzduchového stříkání je možnost využití i pro součásti složitějších tvarů. [6, 91]



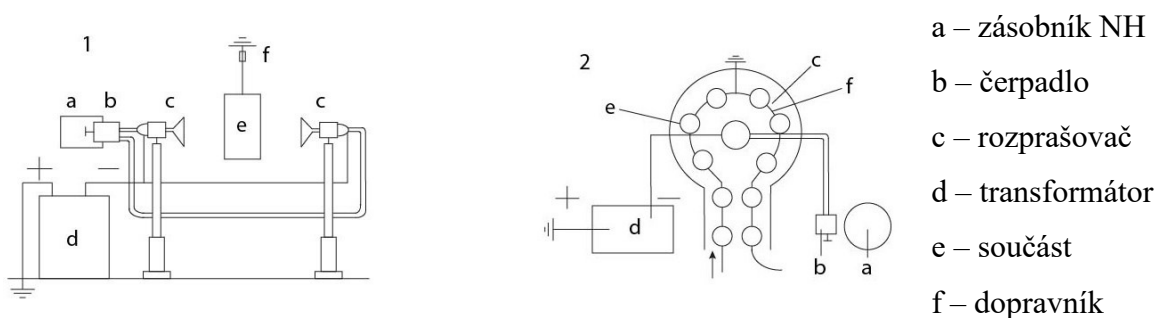
Obr. 49 – Schéma aplikace NH vysokotlakým stříkáním. [91]

- Aplikace elektrostatickým stříkáním

Princip metody vychází z myšlenky, že tělesa, která mají opačný náboj, se přitahují. Součást, která má být natírána je uzemněna v elektrickém poli a její náboj je kladný. NH společně se stříkacím zařízením mají záporný náboj. Vlivem elektrostatických sil jsou kapičky vrhané do el. pole přitaženy k povrchu předmětu, který pokryjí nátěrem. Tuto metodu je výhodné využít tam, kde při jiných metodách stříkání dochází k velkým ztrátám. Nepoužívá se u materiálů s vysokou viskozitou a je omezeno velikostí součástí. [6, 91]



Obr. 50 – Schéma aplikace NH v elektrickém poli. [91]



Obr. 51 – Schéma aplikace NH stříkáním v el. poli: kabina 1) průběžná, 2) kruhová. [91]

- Nástřikem teplé nátěrové hmoty

Princip je stejný jako u pneumatického stříkání avšak vhodnou konzistenci NH získáváme pomocí jejího ohřátí na danou teplotu (obvyklá pracovní teplota je mezi 70 a 80 °C). Při použití této metody lze vytvořit větší tloušťku vrstvy a snížit procento prostríku. [6]

4.2.3.4 Sušení a vypalování nátěrů

Předepsané vlastnosti nátěru získáme až po zaschnutí nebo vypalování. U procesů vznikají fyzikální a chemické reakce, podle nichž lze obecně rozeznat fáze: vypaření, zasychání do možnosti manipulace, zasychání do tvrdého stavu, stárnutí. Proces schnutí lze podle teploty, při které k němu dochází, rozdělit na zasychání (20 °C), přisoušení

(40-60 °C), vypalování (80-250 °C). Podle způsobu jakým NH zasychají a vytvrzují se, je rozdělujeme na reverzibilní a inverzibilní. Reverzibilní jsou takové, kdy nátěr vznikne odpařením rozpouštědla a je možné ho tímtéž rozpouštědlem opět rozpustit. Příkladem reverzibilního nátěru je chlorkaučuk. Inverzibilní jsou dále dělitelné na NH, které se vytvrzují oxidačně, vlhkostí nebo chemicky a vodou ředitelné nátěry. Principem vzniku povlaku je, pokud NH obsahuje rozpouštědlo, nejprve jeho odpaření a buď chem. reakce nebo koalescence. Zde není možné opětovné rozpuštění původním rozpouštědlem. [2,6]

Sušení a vypalování může být realizováno:

- Vzduchem (normální teplota) – Teplota vhodná pro zaschnutí NH se pohybuje v rozsahu mezi 18 a 25 °C a s klesající teplotou se rychlost schnutí zpomaluje. Relativní vzdušná vlhkost $\phi < 75\%$. Nutností je bezprašné prostředí, protože prachové částičky způsobují vady nejenom vzhledové, ale také ochranné. Tak jako prach, tak i plynné typy nečistot jako například sirovodík zpomalují schnutí. [1]

- Vzduchem (ohřátý) – Při sušení ohřátým vzduchem je nebezpečí vnesení a usazení prachových částic, protože vzduch v sušárnách proudí pomocí ventilátorů. Pece jsou kvůli vnikání částic prachu utěsněné a vstupující vzduch je filtrován. Rozeznáváme pece komorové a průběžné. [1]

- IR zářením – Při tomhle typu probíhá zasychání obráceně než u ostatních, to znamená, že schnutí jde od podkladu k povrchu. Jde o velmi rychlou metodu s rovnoměrným schnutím. Nevhodná pro NH, které jsou oxidačně vytvrzované. [1]

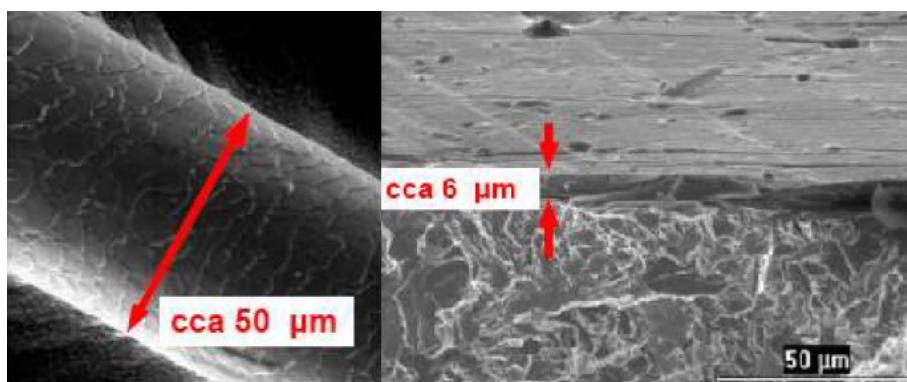
- UV zářením – Využívá se pro polyesterové NH obsahující senzibilizátory. Vytvrzení proběhne v krátkém čase. Nevhodná pro pigmentové NH kvůli neproniknutí záření až k podkladu. [1]

- Indukčně – Sušení nátěru je rychlé a teplo je rovnoměrně rozloženo a je zde možnost regulace. Využívá se pro výrobky malých rozměrů a tlouštěk. [1]

- Elektronovými zářiči – Využíváno pro velkosériovou výrobu, vhodné pro rovinné a plošné součásti. Nevyužívá teplo, ale elektronový urychlovač, který způsobuje vytvrzování nátěru pomocí jeho absorpce elektronů. [1]

5 TENKÉ VRSTVY

Tenkých povlaků a vrstev jsou vytvářeny jako povrchová úprava různých substrátů a jejich tloušťky se pohybuje v rozmezí mezi desítkami nanometrů a několika mikrometry. Tenkých vrstev se využívá v mnoha odvětvích, mezi něž patří strojírenství, elektronika, elektrotechnika a optika. Vznikají nanesením materiálu ve vakuu napařováním popřípadě napařováním a mohou být amorfnní, mono nebo polykrystalické. [96]



Obr. 52 – Porovnání velikosti lidského vlasu a tenké vrstvy. [96]

5.1 Systém tenké vrstvy

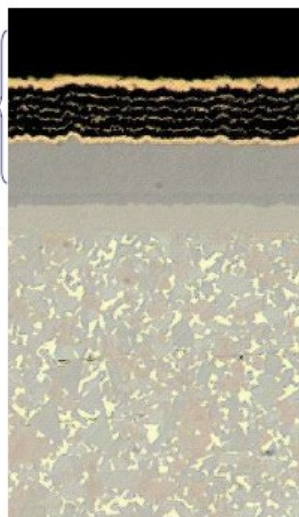
Tenké vrstvy je nutné brát jako systém vzhledem k rozdílným vlastnostem, kterých vrstva dosahuje v poměru ke své tloušťce. Tenká vrstva je nanášena na substrát, jehož drsnost má být menší než dosahovaná tloušťka vrstvy. Aby byly zajištěny požadované vlastnosti je nutné se zabývat všemi složkami tohoto systému. [96]

Tenká vrstva

- odolnost proti opotřebení
- elektrické vlastnosti
- redukce tření
- korozní odolnost
- difúzní bariéra
- tepelná bariéra

Substrát

- pevnost
- tuhost
- geometrie
- drsnost



Rozhraní

- adheze
- bariéra rozvoje trhlin
- kompenzace dilatace a prnutí
- modifikace struktury a morfologie

Obr. 53 – Systém substrát-tenký povlak. [96]

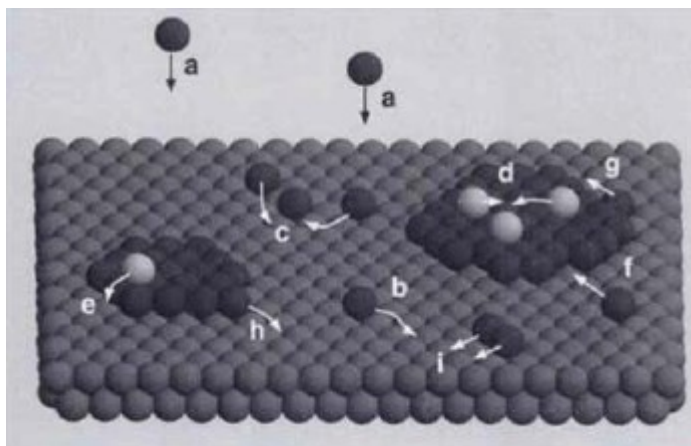
5.2 Materiály a využití tenkých vrstev

Tenké vrstvy podle materiálu jsou kovové nebo nekovové (např. keramické). Pokud vrstvu tvoří jen jedna fáze, pak je vrstva homogenní a v případě, že ji tvoří více fází, pak jde o vrstvu nehomogenní. Pokud je tvořena nitridy, karbidy apod. pak je vrstva tvrdá. Pokud nekovy popřípadě měkkými kovy, pak se jedná o vrstvu měkkou. [100]

Tenké vrstvy se rozdělují, podle materiálu z nichž se vyrábí, na:

- Vodivé – které se nejčastěji vytváří z kovů (například Ag, Al, Au, Cu, Ni)
- Polovodivé – využívané pro výrobu tranzistorů (například Si, Ge)
- Supravodivé – momentálně nejvyužívanější skupinou je $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ – vysokoteplotní, jde o keramiky, které jsou velice křehké
- Dielektrické – které se vytváří z ferroelektrik (například ferroelektrická keramika)
- Odporové – NiCr. [98]

Spektrum využití tenkých vrstev je velmi široké. Používají se jako povrchová úprava materiálů ve strojírenství například jako povrchová vrstva na nástroje, pro zvýšení tvrdosti, otěruvzdornosti a jako protikoroze ochrana. V optice s využitím pro svou antireflexní schopnost na skla a čočky, jsou také možností ochrany proti poškrábání a UV záření. Nejvyužívanější jsou ovšem pro využití v elektrotechnice a elektronice. Vytvářejí se pomocí nich kontakty pro čipy, pasivní struktury, tranzistory, displeje, monitory, senzory a mnoho dalších. [97, 99]



Obr. 54 – *Růst tenkých vrstev.* [97]

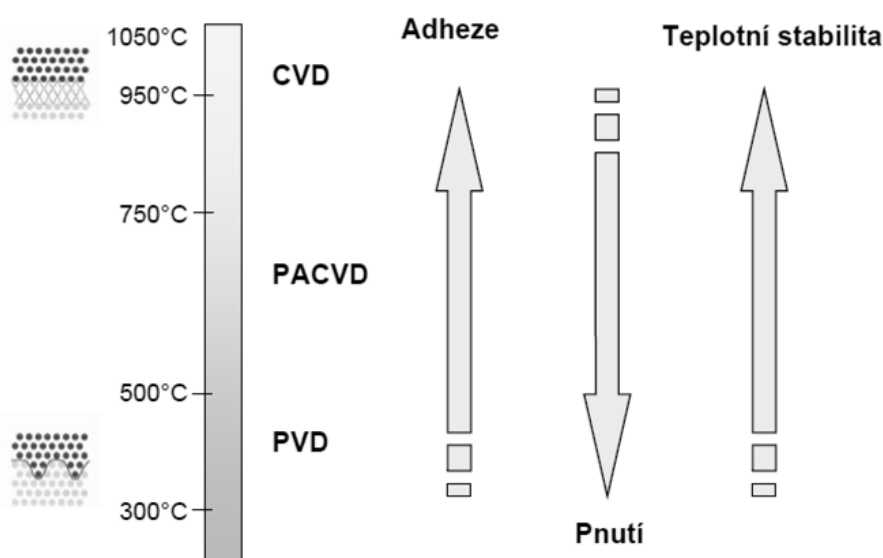
a) nános, b) difúze – tvorba zárodku, c) nárůst ostrůvků, d) tvorba zárodků do více vrstev, e) difúze v y ose, f) spojování center, g) difúze v x ose, h) spojení ostrůvků, i) difúze. [97]

5.3 Vlastnosti tenkých vrstev

Nejdůležitější vlastností potřebnou k vytvoření kvalitního systému tenký povlak a substrát je adheze. Adhezi je možné ovlivnit před depozicí (upravit hrany, substrát chemicky nebo iontově čistit, odpovlakování). [96]

Tloušťka tenké vrstvy, použitý materiál pro depozici vrstvy (nutnost vysoké čistoty), materiál substrátu, technologie depozice, kvalita a čistota povrchu substrátu, teplotní rozdíl mezi substrátem a vrstvou, ale i čistota vakua a možnosti rotace nebo vyhřátí ovlivňují výsledné vlastnosti a kvalitu vrstvy. [98]

Pro úpravu hran využíváme technologie tryskání, omílání. U iontového čištění jde o bombardování povrchu substrátu ionty. Proces odpovlakování tzv. stripping probíhá tak, že nejprve je pomocí chemického činidla vrstva odstraněna, následuje přestření a nakonec nová depozice. [96]



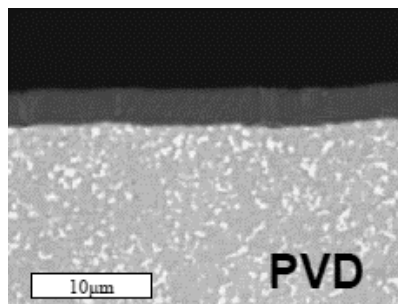
Obr. 55 – Vlastnosti vrstev. [96]

5.4 Technologie vytváření tenkých vrstev

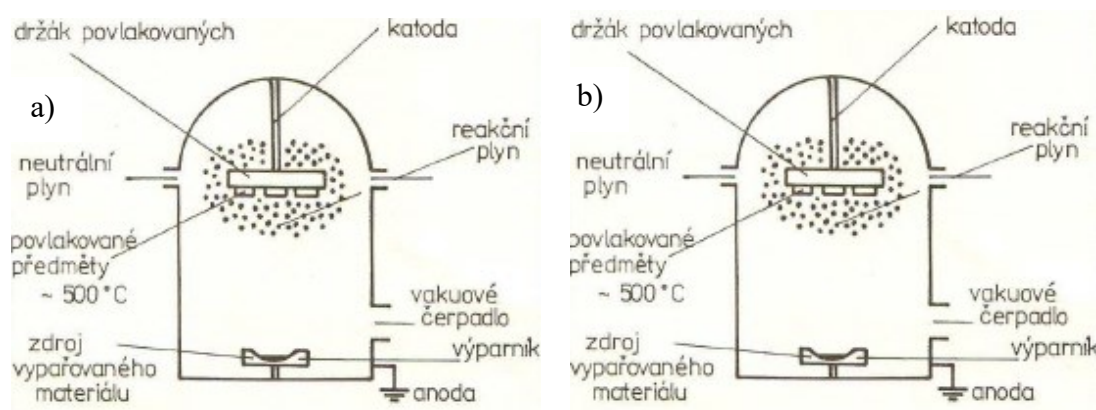
5.4.1 PVD (Physical Vapour Deposition)

Metoda PVD (fyzikální vakuové nanášení) využívá pouze fyzikální principy – napařování, naprašování, pulzně – kde nevznikají chemické reakce. Principiálně jde o vytvoření tenké vrstvy kondenzováním par jednoho materiálu na povrchu druhého

materiálu. Napařování je vakuové odpařování za vysokých teplot odporovým ohřevem. U napařování se materiál, který má být deponován zapojí jako katoda, bombarduje se ionty a tak se atomy odprašují z terče a na substrátu vzniká povlak. Je možné nanášet i více vrstev. [99]



Obr. 56 – Physical Vapour Deposition. [96]



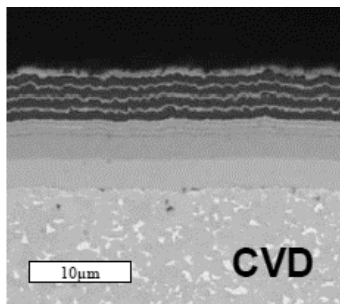
Obr. 57 – Princip vzniku povlaku metodou PVD a) napařování, b) napařování. [112]

Tento typ vytváření tenkých vrstev je využíván nejčastěji pro povlakování řezných nástrojů tvrdými materiály. Také pro vytváření ořezových vrstev například v automobilovém průmyslu a pro povrchy ložisek. Jako ochranná vrstva pro optický průmysl a pro záznamová média. [97]

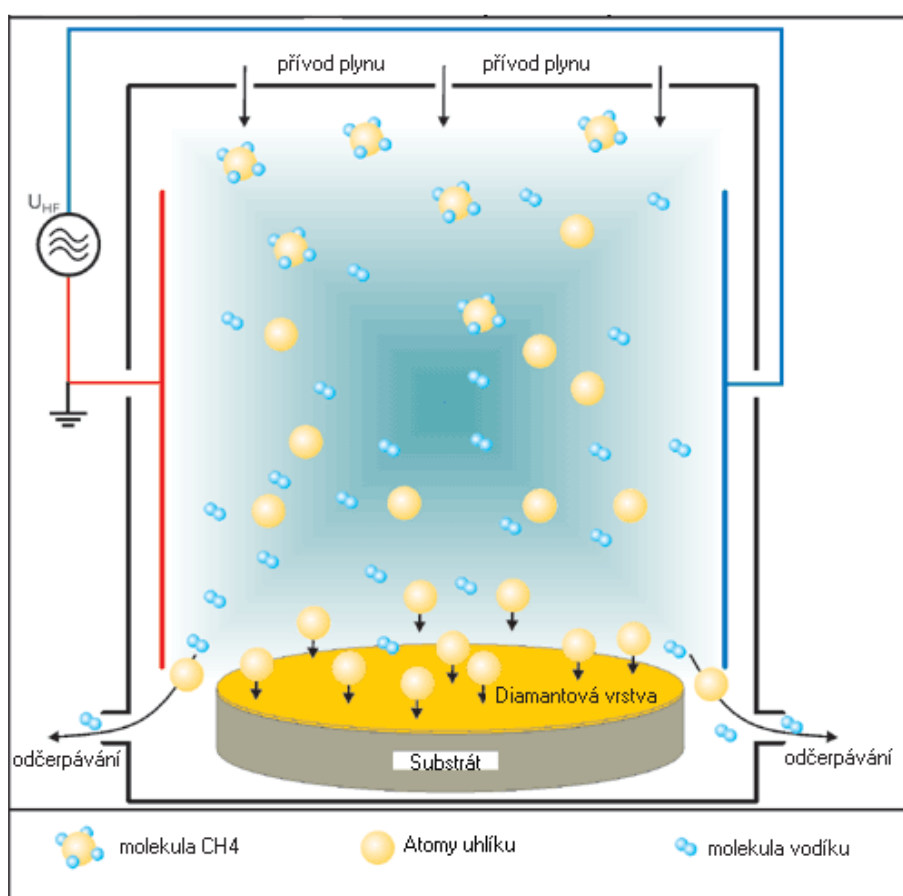
5.4.2 CVD (Chemical Vapour Deposition)

Metoda CVD (chemická depozice plynné látky) využívá chemické reakce mezi materiálem a plynem. Jedná se o proces, kdy jsou vytvářeny tenké vrstvy chemickou reakcí. Reakce může probíhat za zvýšených teplot rozkladem jedné látky nebo mezi několika chemickými sloučeninami. Produkt reakce vytvoří povlak a za vzniku vedlejších produktů, které je třeba odstraňovat plynem nebo vakuem. Tam, kde je třeba vytvářet vrstvy v dutinách, drážkách a nepřístupných místech se využívá této metody pro depozici

Si, SiO₂, nitrid křemičitý (Si₃N₄), karbid křemíku (SiC), molybden, tantal, titan, nikl, wolfram. [96, 99]



Obr. 58 – Chemical Vapour Deposition. [96]



Obr. 59 – Princip vzniku povlaku metodou CVD. [97]

5.4.2.1 Srovnání metod CVD a PVD

Metoda PVD je energeticky méně náročná, protože probíhá za nižších teplot (150 až 500 °C) a při velmi malých tlacích avšak vysokém vakuu. V tenkých vrstvách (2-5 μm) nevzniká tak velké vnitřní pnutí. Škála využitelných materiálů je velká. Nevýhodou je ovšem horší tepelná stabilita a adheze. U metody CVD je využit velký

tlakový rozsah a probíhá za vysokých teplot (± 1000 °C), proto je rozsah materiálů omezený. Růst vrstvy je pomalý (± 10 hodin) a dosahuje tloušťek 5-10 μm . [99]

5.4.3 PECVD (Plasma Enhanced Chemical Vapour Deposition)

Jedná se o variaci metody CVD, kde je chemická reakce iniciována plazmou. Při využití metody PECVD dojde ke srážce elektronů se zvýšenou energií s molekulami plynu s následnou produkcí reaktivních částic. Umožňuje vytvoření tenké vrstvy za teplot nižších než CVD, díky chemickým reakcím reaktivních molekulárních fragmentů. Využívá se pro vytváření vrstvy na citlivém substrátu a pro vrstvy na bázi uhlíku. [96, 99]

5.4.4 MOVPE (Metal Organic Vapour Phase Epitaxy)

Principem metody MOVPE (Epitaxe z organicko-kovových sloučenin) je využití při epitaxi polovodičů atomů prvků, které se uvolní tepelným rozkladem organicko-kovových molekul. Není zde použito vysoké vakuum jako u jiných metod a proto je využitelnější. [101]

5.4.5 MBE (Molecular Beam Epitaxy)

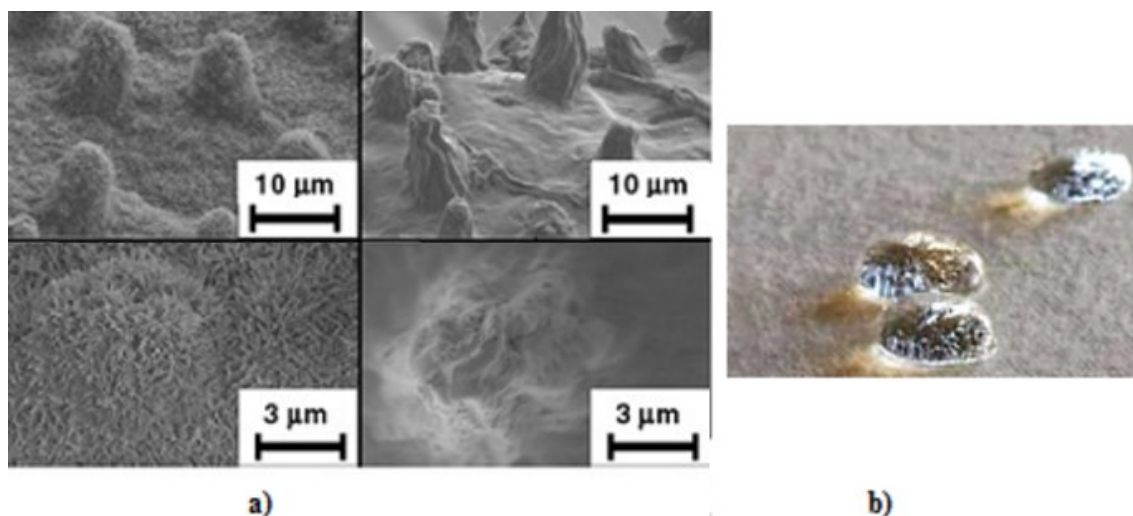
Metoda MBE (Epitaxe z molekulárních svazků) je proces kdy ve vysokém vakuu probíhá růst tenké vrstvy. Vznikají ohřevem chemicky čistých prvků kovů, jako je například As, v Knudsenových celách až do sublimace, následně materiál na substrátu kondenzuje. Růst vrstvy je velice pomalý. [99]

5.5 Nanočástice v povlacích a jejich vlastnosti

Přidáním nanočástic se dají upravovat vlastnosti tenké vrstvy využitím jejich struktur a vlastností. Využívají se především pro zvýšení tvrdosti a jako vrstva proti poškrábání a odření, která může být snadno čistitelná, také jako ochrana proti vodním parám a chemikáliím. Díky nanočásticím v povlacích je možné dosáhnout také odolnosti proti stárnutí, kde se ochrana týká povětrnostních, chemických, mechanických vlivů včetně UV záření. Důležitou vlastností je antimikrobiální, antibakteriální ochrana povrchu, díky níž je dosaženo hygienické nezávadnosti. V automobilovém průmyslu je využíváno nanočástic s antireflexní schopností, aby nedocházelo k oslňování řidičů, ochrany proti zamlžování skel a otisků prstů. [70, 103]

- Schopnost samočištění, hydrofobie

O schopnosti samočištění mluvíme jako o lotosovém efektu, kdy kapka kvůli jemné struktuře beze stopy steče a navíc čistí. Nanostruktura povlaku napodobuje tutéž funkci. Využití je především pro automobilový průmysl. [103]



Obr. 60 – Lotosový efekt. [104]

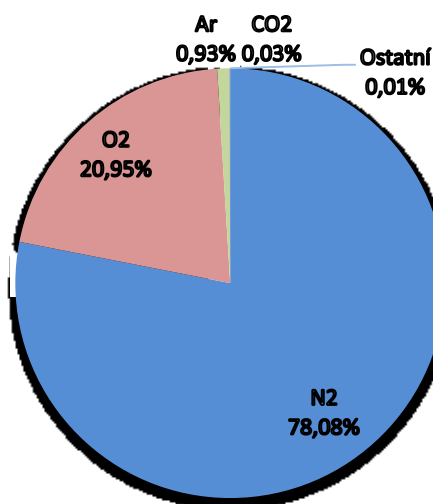
Nejčastěji používané představitele nanočástice pro povlakování, jejich charakteristické vlastnosti a oblast průmyslu pro kterou jsou využívány je možno nalézt v tabulce č. 9

Tab. 9 – Nanočástice pro povlakování a jejich vlastnosti. [105, 106]

Použitá nanočástice	Charakteristická vlastnost	Oblast využití
Oxid křemičitý (SiO₂)	UV stabilní	
	Odolnost proti opotřebení	Automobilový průmysl
	Odolnost proti vodě	Medicína
	Odolnost proti nečistotám	
Oxid hlinitý (Al₂O₃)	Odolnost proti opotřebení	Obrábění
	Odolnost proti korozi	Medicína
	Samočistící schopnost	
Oxid titaničitý (TiO₂)	Fotokatalytické vlastnosti	Automobilový průmysl
	Odolnost proti UV	Kosmetický průmysl
	Reflexní schopnost	
Oxid stříbrný (Ag₂O)	Antibakteriální vlastnosti	Energetika
	Antimikrobiální vlastnosti	Textilní průmysl
	Impregnační schopnost	Medicína
		Stavební průmysl
		Potravinářský průmysl
Oxid zinečnatý (ZnO)	Antibakteriální vlastnosti	Sklářský průmysl
	Fotokatalytické vlastnosti	Keramický průmysl
	Odolnost proti korozi	Gumárenský průmysl
	Odolnost proti UV	Medicína
	Optické vlastnosti	Elektronika
	Elektrické vlastnosti	Optika
	Piezoelektrické vlastnosti	Textilní průmysl
Oxid železitý (Fe₂O₃) - Hematit	UV filtr	Automobilový průmysl
	Katalytické vlastnosti	Medicína
	Magnetické vlastnosti	Kosmetický průmysl
		Ekologie
Oxid železnatý (FeO) - Wustit		Kosmetický průmysl
	Odolnost proti korozi	Medicína
		Stavební průmysl
Oxid zirkoničitý (ZrO₂)		Kosmetický průmysl
	Odolnost proti korozi	Letecký průmysl
		Elektronika

6 PRACH A PRAŠNOST

Složení zemské atmosféry je z 78,08% N₂, 20,95% O₂, 0,93% Ar a 0,03% CO₂ a mnoha dalších prvků jako Ne, He, CH₄, Kr, N₂O, H₂, Xe, O₃, SO₂, NO₂, I₂, NaCl, NH₃, CO v minimálním a stopovém množství. Z čehož je patrné, že neobsahuje jen plyny, ale také rozptýlené částice kapalin a pevných látek suspendované v plynu (aerosoly kapalné a tuhé), které jsou buď přírodní a vyskytují se tam přirozeně nebo na jejich výskyt byl ovlivněn člověkem. Prachem nazýváme tuhý aerosol, který se zčásti způsobuje děje, jako jsou srážky nebo oteplování a pokud je ve zvýšené koncentraci je pro člověka nebezpečný (může, totiž způsobit zdravotní potíže) [76, 81, 82]



Graf 3 – Složení atmosféry.

6.1 Důvody vzniku

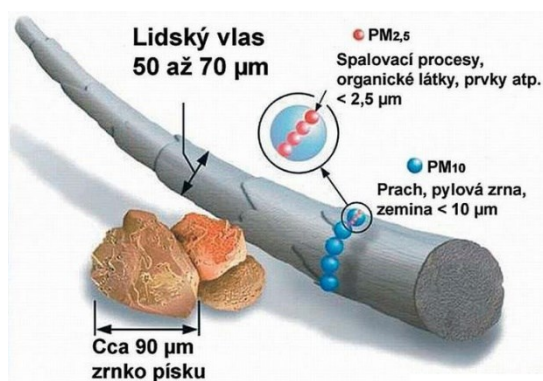
U prachových částic, které nejsou přirozeně se vyskytující, je jejich vznik výsledkem činností člověka. Veškeré procesy spalování jako jsou dopravní provoz (motory), teplárny, chemičky, spalovny, těžké provozy (těžby, tavicí) a podobné stojí za jejich vznikem. Příčiny vzniku přirozeného jsou řízeny přírodními procesy jako je zvětrávání, požáry (popel), pouštní prach, vulkanismus/ magmatismus, ale patří k nim také bioaerosol. Bioaerosem může být pyl, plíseň, ale také virus. Tyto částice jsou ale v poměru k těm, jež vytváří člověk zanedbatelným procentem. Existuje ovšem i druhotná prašnost ta vzniká, pokud jsou už jednou usazené prachové částice opětovným rozvířeny. Vlhkost povrchu ovlivňuje velkou měrou sekundární (druhotnou prašnost), čím vyšší bude vlhkost,

tím nižší pravděpodobnost rozvíření prachových částic nastává, protože dojde k jejich shluku. [77, 78, 80, 82]

6.2 Druhy prachových částic podle tvaru, velikosti a škodlivosti

Částice prachu mohou mít různé velikosti a tvary. Částice mají různý tvar, podle toho jak vznikly a zabývá se jím vědecká nauka zvaná morfologie částic. Tvary jsou více či méně sférické a angulární. Závislost optických vlastností, kterých využíváme při měření částic, je na jejich velikosti. U rozdělení do skupin podle tvaru částic rozeznáváme částice izometrické, které aproximujeme v kouli nebo krychli, protože jejich rozměry se si přibližně rovnají. Dále laminární částice, které mají podlouhlý respektive plochý tvar, protože jeden jejich rozměr je menší než zbylé dva. A částice fibrilární, u kterých dva rozměry jsou mnohem menší než třetí, proto je jim přezdíváno vláknovité. [11, 77, 79]

Podle jejich velikosti můžeme rozlišovat druhy částic tzv. poletavého prachu do základních tří skupin označených písmeny PM což je zkratka anglických slov particulate matter a to na PM_{10} , $PM_{2,5}$ a PM_1 . Déle zůstávají v ovzduší/ ve vzduchu poletovat ty částice, které mají menší průměr. Největší částice PM_{10} , což jsou jemné mikročástice, jejichž maximální velikost aerodynamického průměru nedosahuje $10\ \mu m$ mohou být ve vzduchu obsaženy v rámci pouhých hodin oproti například kategorii PM_1 , které jsou schopny poletovat ještě po týdnech. Prašné částice mohou nabývat velikosti od 1 do $100\ \mu m$, přičemž částicím větším $30\ \mu m$, které se běžně v prostředí rychle usazují, říkáme hrubý prach. Existují částice stokrát i tisíckrát menší oproti polétavému prachu takzvané ultra jemné, pro jejichž sledování a měření je potřeba speciální vybavení. [79, 80, 81, 84]



Obr. 61 – Velikost prachových částic. [83]

Dále je také možno dělit do kategorií podle škodlivosti na: částice obsahující/neobsahující toxické látky (těžké kovy), fibrogenní (prach z černého uhlí), nefibrogenní dráždivé (bavlna)/nedráždivé (prach z hnědého uhlí), vláknité minerální. [81]

6.3 Vlastnosti

U prachových částic provádíme měření pro stanovení **hmotnosti** – měrné, sypné, setřesné za pomoci pyknometru a vah podle daných postupů a vzorců. Dále je také možno zjistit jaký má částice **měrný povrch**, který je stanoven jen jako vnější obal makroskopicky nebo celkově i s póry, což pomůže při určování absorbování vlhkosti, jak se adsorbují páry a plyny nebo jak rychlá je rozpustnost částic. [11]

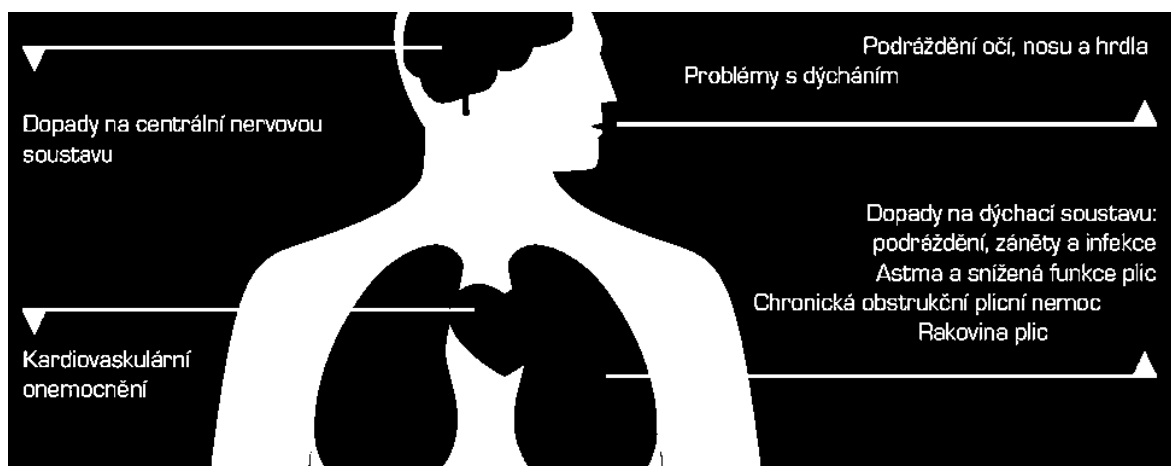
Prachové částice mají **elektrický odpor**, který je funkcí měrného odporu a jeho velikost závisí na již uvedených vlastnostech a mnoha dalších, z nichž k nejdůležitějším patří chemické složení, zrnitost, vodivost a odpory zúčastněných povrchů. **Měrný odpor** suchého prachu je řádově mnohem vyšší oproti vlhkému. Prach, jehož částice jsou plynem nasycené nebo ty které do pórů absorbovaly vodu, má odpor nižší avšak není lepivý – má suchý povrch. [11]

Další důležitou vlastností je **lepivost**, jejíž velikost závisí na vlhkosti, tvaru, velikosti a chemickém složení částic. Suchý prach dělíme do skupin na: nelepivý (kovový prach), málo lepivý (koks), středně lepivý (uhelný prach (částice do 25 μm)), velmi lepivý (sádra, mouka (částice do 10 μm)). Povrchové napětí kapaliny (se zvyšující se teplotou se snižuje) a znalost vlastností povrchu částice udává **smáčivost**. [11]

Pokud koncentrace leží mezi hranicemi **výbušnosti**, v prostředí se vyskytuje kyslík a je splněna minimální energie pro iniciaci (například jiskra nebo výboj) lze říci, že směs plynu a hořlavého prachu (například brusný nebo hnědouhelný) je výbušná. [11]

6.4 Člověk a prach

Během dýchání se do organismu dostávají prachové částice a mohou způsobovat vážné zdravotní potíže v závislosti na své velikosti a to tak, že čím menší budou, tím větší riziko budou představovat. Částice, jejichž aerodynamický průměr dosahuje deseti až sta mikrometrů, se usazují v horních cestách dýchacích nejčastěji na řasinkovém epitelu, jímž je sliznice pokryta. Ty s větším průměrem (100 μm a víc) se usazují tak rychle, že se nedostanou dál než do nosní dutiny. Částice menší deseti mikrometrů projdou horními dýchacími cestami do dolních cest dýchacích (za hrtanovou záklopkou - do hrtanu a průdušnice). U $\text{PM}_{2,5}$ dochází k zanášení průdušek, průdušnic, průdušinek a u PM_{10} i plicních sklípků. Ultra jemné částice ($\text{PM}_{0,1}$) se mohou usazovat v plicních sklípcích, ale také mohou díky své velikosti projít jejich sliznicemi, epitelovými buňkami a slizničním vazivem do kapilár a dále do krevního řečiště. Kromě velikosti je také důležitá doba vystavení těmto částicím a samozřejmě i jejich složení, aby se do organismu navíc nedostávaly toxické a karcinogenní prvky jako jsou Al, Ar, Cd, Cr, Ni, Mn a další. [78, 80, 82, 84]



Obr. 62 – Dopady na zdraví člověka. [85]

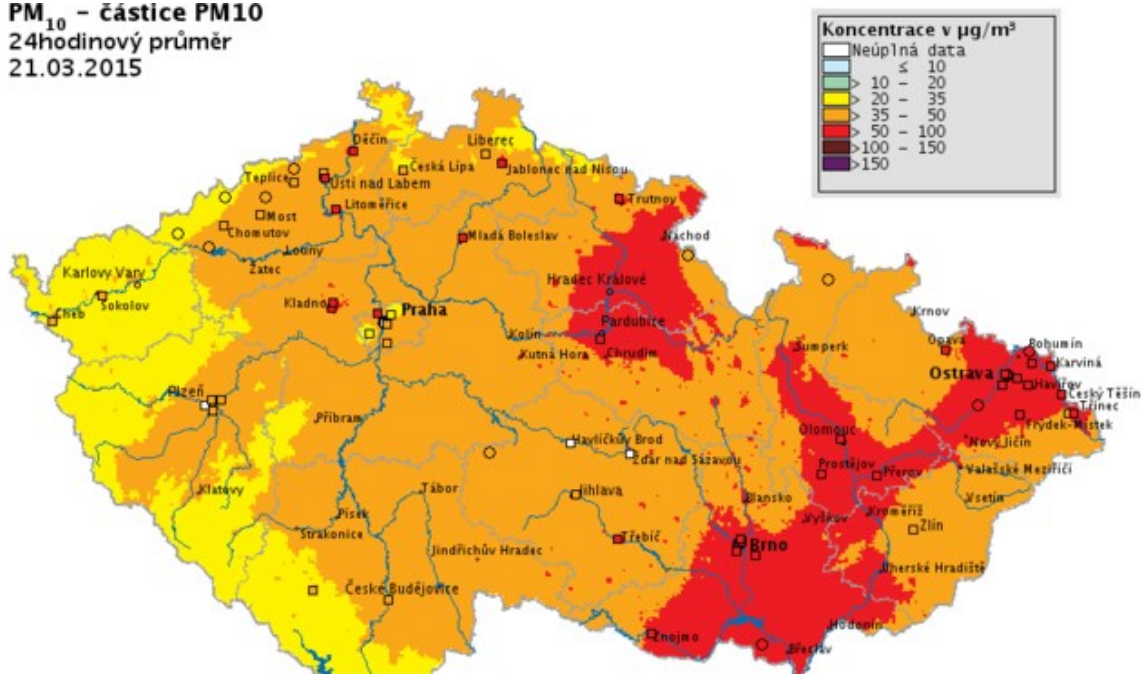
Indexem kvality se hodnotí kvalita vzduchu. Sestavuje se z naměřených hodnot koncentrací. Pomáhá zobrazit zatížení ovzduší škodlivinami a určit zdali je možný negativní vliv na člověka. Výstup je v šesti barevně odlišených kategoriích popsanych v legendě. IKO na obr. 63 byl stanoven na základě krátkodobého měření koncentrací. [88]



Obr. 63 – Index kvality ovzduší. [86]

Na základě měření se sestavují mapy koncentrací částic konkrétních velikostí (v tomto případě čtyřiaadvacetihodinového měření). Jednotkou naměřených hodnot bývá ve většině případů $\mu\text{m}/\text{m}^3$, ale lze použít i jiných, které budou odpovídat hmotnosti částic. Na mapě je možné sledovat republikové rozložení částic polétavého prachu. [82]

PM₁₀ – částice PM₁₀
 24hodinový průměr
 21.03.2015

Obr. 64 – Mapa koncentrací PM₁₀. [87]

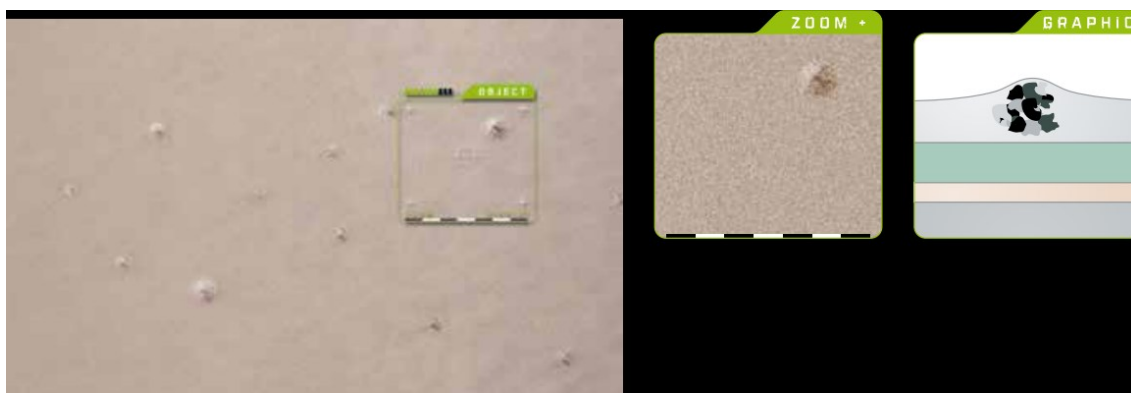
6.5 Vliv prachu na nátěrový systém

Prachové částičky se na povrch může dostat během přípravy povrchu/ podkladu, během nanášení nátěrových hmot nebo během schnutí a vypalování.

Pokud zůstaly na povrchu nečistoty a prach, protože nebyl očištěn/ nebyl dobře očištěn (například prašné tryskací medium následně bez oplachu) nebo se na povrch součásti dostaly ze vzduchu nebo pracovník nebyl vhodně oblečen. Vzduchové popřípadě prachové filtry měly závadu, prach byl na podlaze komory/ pracoviště a byl rozvířen, nebyla dostatečná ochrana povrchu při transportu do lakovny, anebo jiným způsobem vniknul do mokrého/ vlhkého nátěru. Jeho přítomnost způsobuje vady - krátery a důlky různých velikostí podle složení a umístění, narušují celistvost nátěru, což má za následek narušení ochranných vlastností. Všechny tyto vady nátěru jsou vadami nepřijatelnými. [94, 95]

Jako prevence je vhodné kontrolovat čistotu povrchu před započítím nanášení NH. Používat vhodné a čisté pracovní oděvy. Udržovat pracoviště v čistotě, používat filtry a kontrolovat je. V případě, že je třeba součásti do lakovny převážet, zajistit je dostatečnou dočasnou ochranou. Ve své podstatě lze říct, že je nutné zajistit bezprašnost v celém procesu výroby.

Železniční prach a průmyslový prach (např. z broušení) zavinují poškození povrchu/ nátěru drobnými částicemi kovu. Prach z vápna a cementu mají na nátěr ve spojitosti s časem a prostředím žíravé účinky. Takové povrchy je třeba natírat politurou, aby byl nátěr chráněn. [95]



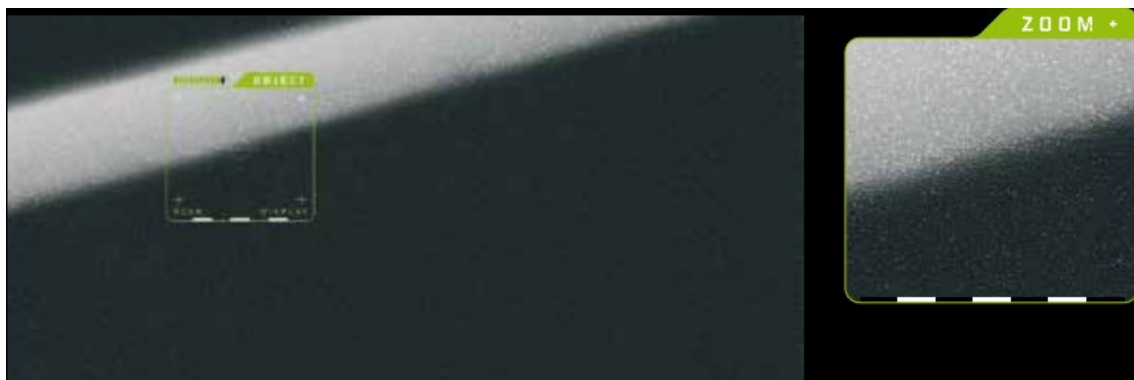
Obr. 65 – Nečistoty a prach ve vrchním nátěru. [95]



Obr. 66 – *Nečistoty a prach v základním nátěru.* [95]



Obr. 67 – *Železniční prach a průmyslové nečistoty.* [95]



Obr. 68 – *Vápenný, cementový prach.* [95]

7 NÁVRH EXPERIMENTÁLNÍ METODIKY

a) Příprava a označení vzorků

b) Zkoušky pro hodnocení čistoty povrchů

Zjištění prachu na povrchu vzorků – postup a vyhodnocení podle ČSN ISO 8502-3

Měření drsnosti povrchu vzorků – postup a vyhodnocení podle ČSN EN ISO 4287

c) Zakřídování povrchu

d) Aplikace nátěru štětcem

e) Zkoušky pro zjištění tloušťek nátěrů

Měření mokré tloušťky postup a vyhodnocení podle ČSN EN ISO 2808 metodou 1A

Měření suché tloušťky postup a vyhodnocení podle ČSN EN ISO 2808

f) Zkoušky odtrhové pevnosti

Mřížková zkouška postup a vyhodnocení podle ČSN EN ISO 16276-2 potažmo ČSN EN ISO 2409

Křížový řez postup a vyhodnocení podle ČSN EN ISO 16276-2

Odtrhová zkouška přilnavosti postup a vyhodnocení podle ČSN EN ISO 4624, ČSN EN ISO 16276-1

Pozn.: V průběhu všech zkoušek bude prováděna fotodokumentace průběhu a dosahovaných výsledků.

8 POSTUP A VYHODNOCENÍ EXPERIMENTŮ

8.1 Příprava a označení vzorků

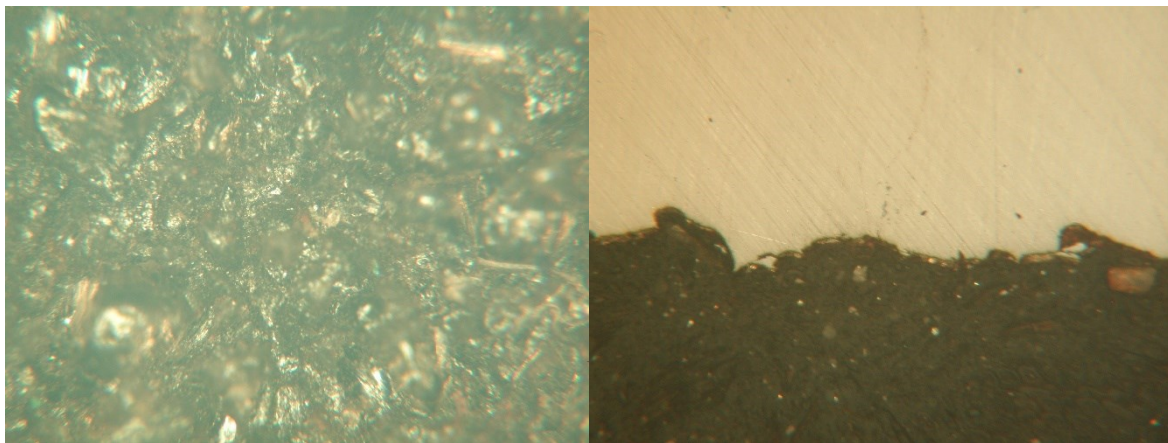
Pro experimentální práce jsem si připravila čtyři obdélníkové zkušební vzorky každý z nich o rozměrech 150x100 mm z každé skupiny materiálu. Materiál vzorků je S355MC. Povrch materiálu první skupiny (1A, 1B, 1C, 1D) je otryskaný. – čistota povrchu A Sa 2 ½ Povrch materiálu druhé skupiny (2A, 2B, 2C, 2D) je válcovaný. Povrch materiálu třetí skupiny (3A, 3B, 3C, 3D) je zbroušený multibruskou značky Bosch označení PSM Primo o jmenovitém příkonu 50 W brusným papírem o zrnitosti 40.



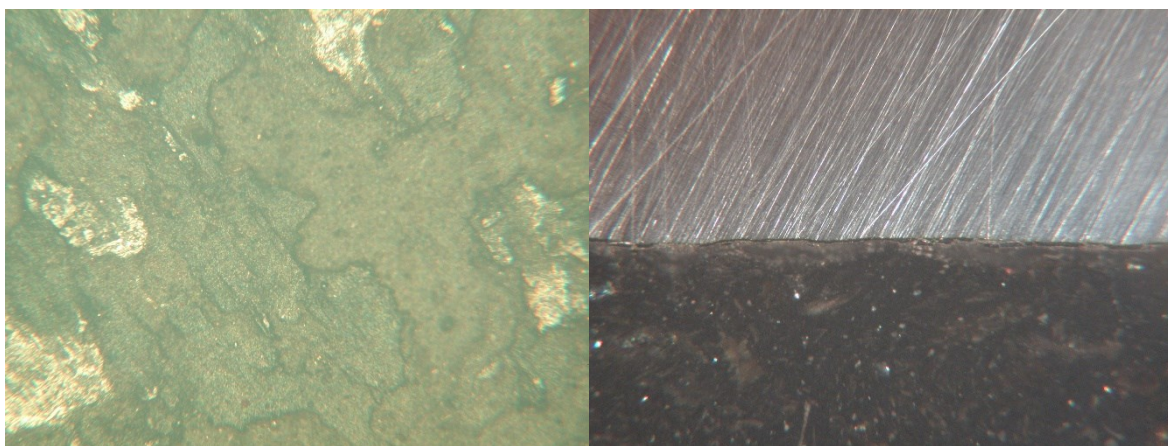
Obr. 69 – Multibruska Bosch PSM Primo

Tab. 10 – Tabulka významu označení vzorků.

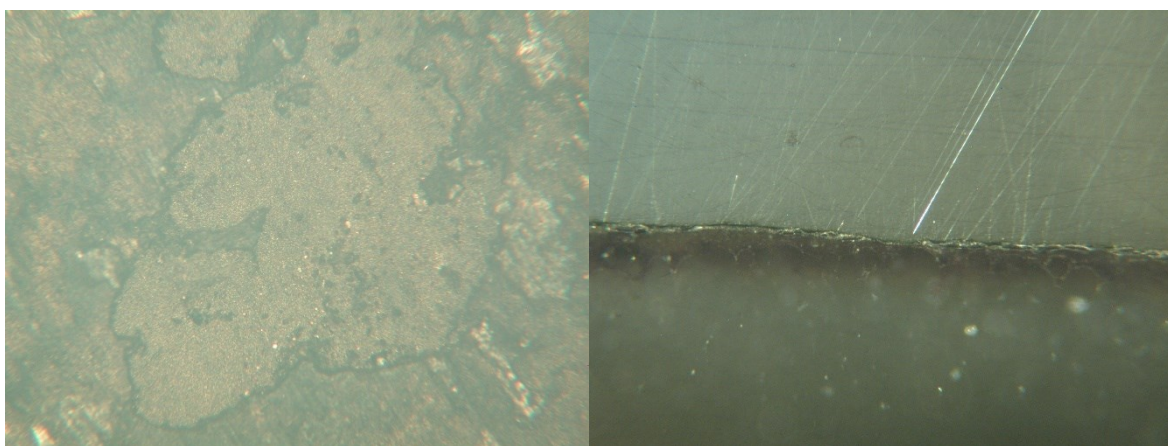
Vzorek	Popis	Vzorek	Popis	Vzorek	Popis
1A	Povrch tryskaný Bez křída	2A	Povrch válcovaný Bez křída	3A	Povrch broušený Bez křída
1B	Povrch tryskaný Vysušená křída	2B	Povrch válcovaný Vysušená křída	3B	Povrch broušený Vysušená křída
1C	Povrch tryskaný Mokrý křída	2C	Povrch válcovaný Mokrý křída	3C	Povrch broušený Mokrý křída
1D	Povrch tryskaný Normální křída	2D	Povrch válcovaný Normální křída	3D	Povrch broušený Normální křída



Obr. 70 – Vzorek skupiny 1 zvětšeno 100x a) povrch, b) příčný řez.



Obr. 71 – Vzorek skupiny 2 zvětšeno 100x a) povrch, b) příčný řez.

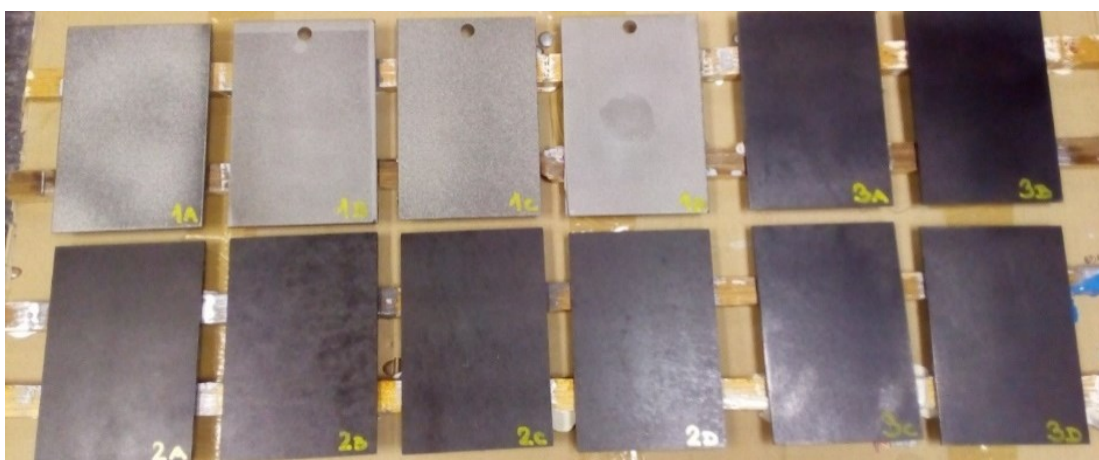


Obr. 72 – Vzorek skupiny 3 zvětšeno 100x a) povrch, b) příčný řez.

Následně jsem kvůli přehlednosti všechny vzorky označila popisem 1A až 3D podle tabulky pomocí žlutého Alteco paint marker, který je rychleschnoucím, voděodolným, oděruvzdorným popisovačem na bázi oleje.



Obr. 73 – Popisovač Alteco paint maker.



Obr. 74 – Označené zkušební vzorky.

8.2 Zkoušky pro hodnocení čistoty povrchů

Nejprve bylo třeba zjistit klimatické podmínky v laboratoři, ty byly změřeny pomocí kombinovaného teploměru/ vlhkoměru Elcometer 319:

Relativní vlhkost – RH=38,1%

Teplota vzduchu – Ta=21,7 °C

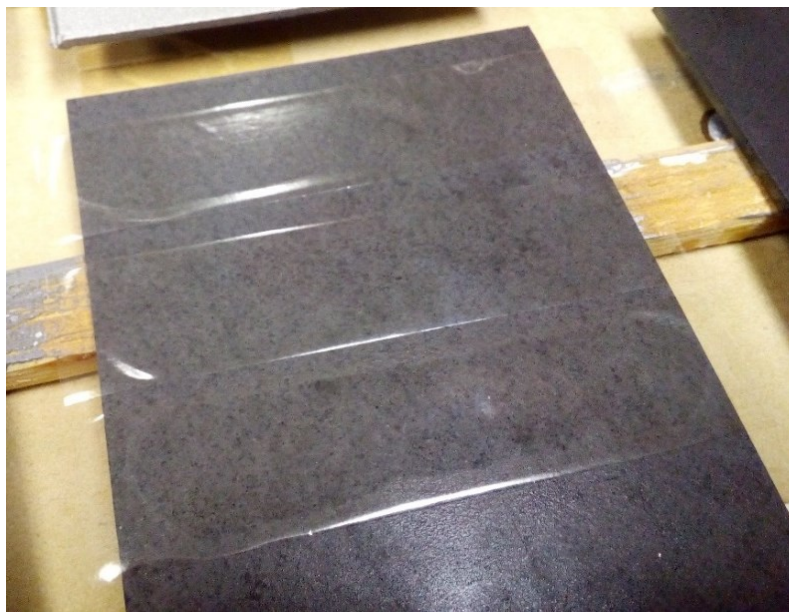
Teplota povrchu – Ts=21,7 °C

Teplota rosného bodu – Td=6,6 °C

$\Delta T = T_s - T_d = 21,7 - 6,6 = 15,1$ °C

8.2.1 Stanovení prachu na připraveném povrchu pro natírání

Pro stanovení prachu jsem využila postup a způsob hodnocení uvedený v ČSN ISO 8502 v části 3. Na připravené zkušební vzorky jsem postupně nalepila po třech pruzích samolepící vysoce adhezivní průhledné pásky šířky 25 mm tak, že jsem ji na koncích přitlačila palcem k povrchu a následně jím přejela třikrát v obou směrech po dobu přibližně pěti sekund. Tři měření na každém vzorku byla provedena kvůli jednoznačnosti výsledku.



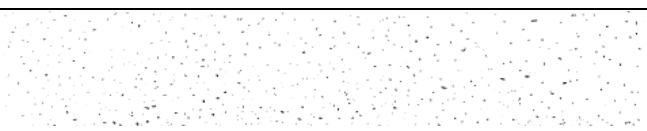

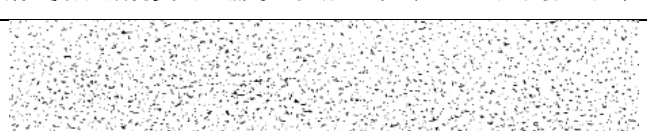


Obr. 75 – Zkušební vzorek pro hodnocení prachu na povrchu.

Následně jsem pásku odstranila pod úhlem 180° , přenesla a následně nalepila na kontrastní podklad pro vhodné zobrazení, kterým je v tomto případě bílý list papíru resp. 1 kus bílého papíru pro každou skupinu zkušebních vzorků.

Vyhodnocení probíhá vizuálně pomocí srovnání vlastních výsledků se stupnicemi (tab. 11, 12). Výsledky jsou zaznamenány v tab. 13, 14, 15. Při hodnocení nedošlo na žádném vzorku k tomu, aby mezi třemi páskami odstraněných z téhož vzorku byl klasifikační rozdíl, není tudíž třeba provádět nová měření kvůli jednoznačnosti a tyto výsledky je možno brát jako platné.

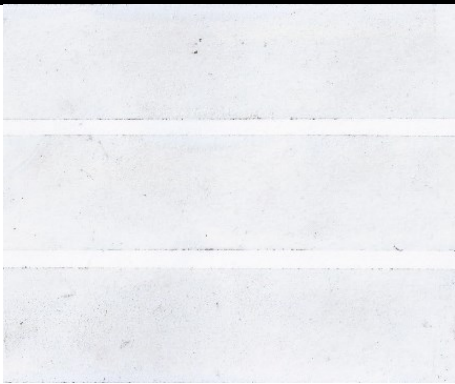



Tab. 11 – Stupnice s číselným rozdělením podle množství prachu. [13]

Stupeň množství prachových částic	Grafické znázornění daného stupně
1	
2	
3	
4	
5	





Tab. 12 – Stupnice určující třídu prachových částic. [13]

Třída velikosti prachových částic	Popis prachových částic	Velikost prachových částic
0	Při zvětšení 10x neviditelné	~
1	Při zvětšení 10x viditelné, prostým okem neviditelné	V průměru < 50 μm
2	Prostým okem viditelné	V průměru 50 – 100 μm
3	Prostým okem jasně viditelné	V průměru 0,5 mm
4	~	V průměru 0,5 – 2,5 mm
5	~	V průměru > 2,5 mm

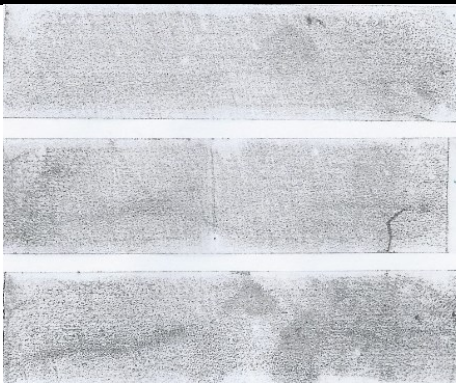
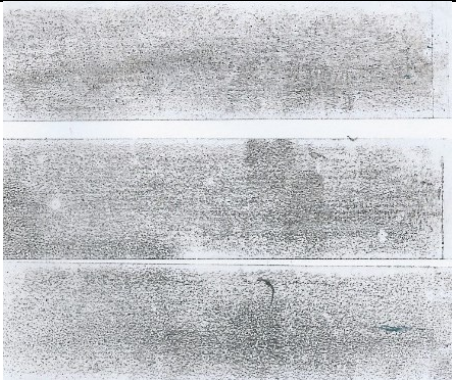
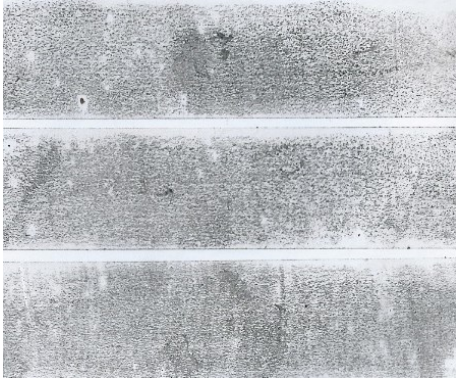
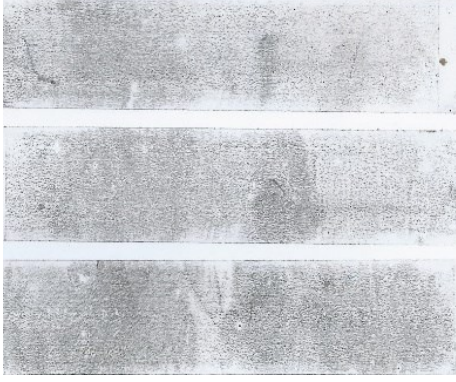
Tab. 13 – Tabulka vyhodnocení prachu na povrchu u vzorků skupiny 1.

Název vzorku	Páska na kontrastním podkladu	Velikost prach. částic	Množství prach. částic
1A		Třída 2	2
1B		Třída 2	3
1C		Třída 2	3
1D		Třída 1	1

Tab. 14 – Tabulka vyhodnocení prachu na povrchu u vzorků skupiny 2.

Název vzorku	Páska na kontrastním podkladu	Velikost prach. částic	Množství prach. částic
2A		Třída 1	4
2B		Třída 1	4
2C		Třída 1	4
2D		Třída 1	5

Tab. 15 – Tabulka vyhodnocení prachu na povrchu u vzorků skupiny 3.

Název vzorku	Páska na kontrastním podkladu	Velikost prach. částic	Množství prach. částic
3A		Třída 1	5
3B		Třída 1	5
3C		Třída 1	5
3D		Třída 1	5

8.2.2 Měření drsnosti povrchů vzorků

Toto měření probíhalo v souladu s normou ČSN EN ISO 4287 pomocí profilometru Mitutoyo SJ-301 (kalibrováno 3. 8. 2015) seřízeno pro měření podle ISO 1997. Bylo provedeno pět měření na každém zkušebním vzorku a z toho tři ve směru příčném a dvě ve směru podélném. Naměřené hodnoty jsou uvedeny v tabulkách na následujících stranách (tab. 16 - tab. 27) včetně jejich hodnoty průměrné. A za nimi jsou sestrojené grafy průměrných hodnot vybraných parametrů drsnosti vzorků.



Obr. 76 – Měření drsnosti povrchu na zkušebním vzorku 2B.

Měření drsnosti povrchu kontrolního vzorku 1A – $\lambda_c = 0,8$

Tab. 16 – Naměřené hodnoty drsnosti vzorku 1A.

Číslo měření	Vybrané parametry drsnosti							
	Ra	Rz	Rq	Rp	Rv	RSK	RKU	RLO
	[μm]	[μm]	[μm]	[μm]	[μm]	[-]	[-]	[mm]
1 ↓	9,55	59,13	12,46	26,61	32,52	-0,28	3,43	0,900
2 ↓	10,49	61,68	13,28	28,54	32,54	-0,13	2,94	0,906
3 ↓	11,7	59,34	14,31	26,84	32,50	-0,25	2,40	0,898
4 →	11,27	57,07	13,47	28,13	28,94	-0,03	2,47	0,899
5 →	10,59	54,04	13,01	25,34	28,70	-0,11	2,6	0,911
Průměr ↓	10,58	60,05	13,35	27,33	32,52	-0,22	2,92	0,90
Průměr →	10,93	55,56	26,48	26,735	28,82	-0,07	2,535	0,905

Měření drsnosti povrchu kontrolního vzorku 1B – $\lambda_c = 0,8$

Tab. 17 – Naměřené hodnoty drsnosti vzorku 1B.

Číslo měření	Vybrané parametry drsnosti							
	Ra [μm]	Rz [μm]	Rq [μm]	Rp [μm]	Rv [μm]	R _{SK} [-]	R _{KU} [-]	R _{LO} [mm]
1 ↓	8,96	47,72	11,00	23,35	24,37	0,01	2,58	0,900
2 ↓	8,05	45,11	9,82	20,93	24,18	-0,16	2,58	0,895
3 ↓	10,86	50,78	13,15	22,29	28,48	-0,25	2,37	0,890
4 →	6,85	37,83	8,52	18,04	19,79	-0,09	2,79	0,872
5 →	8,21	41,77	9,88	22,08	19,69	0,25	2,61	0,888
Průměr ↓	9,29	47,87	11,32	22,19	25,68	-0,13	2,51	0,895
Průměr →	7,53	39,8	9,2	20,06	19,74	0,08	2,7	0,88

Měření drsnosti povrchu kontrolního vzorku 1C – $\lambda_c = 0,8$

Tab. 18 – Naměřené hodnoty drsnosti vzorku 1C.

Číslo měření	Vybrané parametry drsnosti							
	Ra [μm]	Rz [μm]	Rq [μm]	Rp [μm]	Rv [μm]	R _{SK} [-]	R _{KU} [-]	R _{LO} [mm]
1 ↓	13,43	67,52	16,39	37,19	30,33	0,34	2,63	0,924
2 ↓	11,70	68,97	15,11	33,22	35,73	-0,18	3,16	0,937
3 ↓	11,80	62,32	14,52	30,16	32,16	-0,01	2,85	0,934
4 →	10,53	52,25	12,84	25,13	27,12	-0,30	2,68	0,894
5 →	10,47	58,99	13,36	28,67	30,32	0,03	2,65	0,902
Průměr ↓	12,31	66,27	15,34	33,52	32,74	0,05	2,88	0,932
Průměr →	10,5	55,62	13,1	26,9	28,72	-0,14	2,67	0,898

Měření drsnosti povrchu kontrolního vzorku 1D – $\lambda_c = 0,8$

Tab. 19 – Naměřené hodnoty drsnosti vzorku 1D.

Číslo měření	Vybrané parametry drsnosti							
	Ra [μm]	Rz [μm]	Rq [μm]	Rp [μm]	Rv [μm]	R _{SK} [-]	R _{KU} [-]	R _{LO} [mm]
1 ↓	9,89	52,82	12,59	25,05	27,76	-0,19	2,72	0,893
2 ↓	9,36	52,40	11,85	25,45	26,96	-0,07	2,98	0,914
3 ↓	9,07	51,70	11,20	28,48	23,22	0,22	2,68	0,898
4 →	8,64	44,23	10,61	22,01	22,22	0,03	2,76	0,890
5 →	9,42	48,00	11,51	24,94	23,06	-0,05	2,32	0,888
Průměr ↓	9,44	52,31	11,88	26,33	25,98	-0,01	2,79	0,902
Průměr →	9,03	46,12	11,06	23,48	22,64	-0,01	2,54	0,889

Měření drsnosti povrchu kontrolního vzorku 2A – $\lambda_c = 0,25$

Tab. 20 – Naměřené hodnoty drsnosti vzorku 2A.

Číslo měření	Vybrané parametry drsnosti							
	Ra [μm]	Rz [μm]	Rq [μm]	Rp [μm]	Rv [μm]	R _{SK} [-]	R _{KU} [-]	R _{LO} [mm]
1 ↓	1,05	5,09	1,28	2,73	2,37	0,35	2,65	0,253
2 ↓	1,18	5,82	1,48	2,92	2,89	0,01	2,97	0,254
3 ↓	0,70	5,12	0,97	2,86	2,26	0,11	4,94	0,254
4 →	1,19	6,27	1,45	3,03	3,25	-0,26	2,72	0,254
5 →	1,45	7,12	1,79	3,58	3,54	0,44	2,74	0,255
Průměr ↓	0,98	5,34	1,24	2,84	2,51	0,16	3,52	0,254
Průměr →	1,32	6,70	1,62	3,31	3,40	0,09	2,73	0,255

Měření drsnosti povrchu kontrolního vzorku 2B – $\lambda_c = 0,25$

Tab. 21 – Naměřené hodnoty drsnosti vzorku 2B.

Číslo měření	Vybrané parametry drsnosti							
	Ra [μm]	Rz [μm]	Rq [μm]	Rp [μm]	Rv [μm]	R _{SK} [-]	R _{KU} [-]	R _{LO} [mm]
1 ↓	1,00	5,37	1,25	2,51	2,86	0,10	2,76	0,252
2 ↓	0,91	5,91	1,14	3,88	2,04	0,65	3,68	0,260
3 ↓	0,98	5,59	1,26	3,03	2,56	0,23	3,32	0,253
4 →	0,87	4,75	1,07	2,17	2,58	0,00	2,94	0,253
5 →	0,91	4,96	1,14	2,35	2,61	-0,34	2,94	0,253
Průměr ↓	0,96	5,62	1,22	3,14	2,49	0,33	3,25	0,255
Průměr →	0,89	4,86	1,11	2,26	2,595	-0,17	2,94	0,253

Měření drsnosti povrchu kontrolního vzorku 2C – $\lambda_c = 0,25$

Tab. 22 – Naměřené hodnoty drsnosti vzorku 2C.

Číslo měření	Vybrané parametry drsnosti							
	Ra [μm]	Rz [μm]	Rq [μm]	Rp [μm]	Rv [μm]	R _{SK} [-]	R _{KU} [-]	R _{LO} [mm]
1 ↓	1,43	7,45	1,84	4,05	3,4	0,2	2,9	0,253
2 ↓	1,54	7,31	1,88	3,63	3,68	0,07	2,39	0,255
3 ↓	1,20	6,73	1,55	3,72	3,02	0,58	3,28	0,256
4 →	1,25	6,14	1,52	3,33	2,81	0,29	2,53	0,254
5 →	1,43	5,70	1,64	2,94	2,76	0,30	2,18	0,254
Průměr ↓	1,39	7,16	1,76	3,80	3,37	0,28	2,86	0,255
Průměr →	1,34	5,92	1,58	3,14	2,79	0,30	2,36	0,254

Měření drsnosti povrchu kontrolního vzorku 2D – $\lambda_c = 0,25$

Tab. 23 – Naměřené hodnoty drsnosti vzorku 2D.

Číslo měření	Vybrané parametry drsnosti							
	Ra [μm]	Rz [μm]	Rq [μm]	Rp [μm]	Rv [μm]	R _{SK} [-]	R _{KU} [-]	R _{LO} [mm]
1 ↓	1,15	6,37	1,45	2,82	3,55	-0,41	3,67	0,254
2 ↓	1,11	6,70	1,44	3,54	3,16	-0,37	3,37	0,254
3 ↓	1,12	5,92	1,41	2,74	3,19	-0,3	2,75	0,253
4 →	1,31	5,76	1,55	3,30	2,47	0,50	2,25	0,254
5 →	1,02	5,22	1,26	2,63	2,59	0,08	2,58	0,253
Průměr ↓	1,13	6,33	1,43	3,03	3,30	-0,36	3,26	0,254
Průměr →	1,17	5,49	1,41	2,97	2,53	0,29	2,42	0,256

Měření drsnosti povrchu kontrolního vzorku 3A – $\lambda_c = 0,8$

Tab. 24 – Naměřené hodnoty drsnosti vzorku 3A.

Číslo měření	Vybrané parametry drsnosti							
	Ra [μm]	Rz [μm]	Rq [μm]	Rp [μm]	Rv [μm]	R _{SK} [-]	R _{KU} [-]	R _{LO} [mm]
1 ↓	2,40	11,80	2,92	4,62	7,18	-0,69	2,74	0,806
2 ↓	2,61	11,65	3,14	6,16	5,49	0,45	2,48	0,810
3 ↓	2,52	13,14	3,06	5,60	7,54	-0,21	2,47	0,816
4 →	1,73	8,80	2,07	4,06	4,76	-0,17	2,39	0,809
5 →	1,57	8,0	1,88	4,67	3,35	0,26	2,56	0,802
Průměr ↓	2,51	12,20	3,04	5,46	6,74	-0,152	2,56	0,810
Průměr →	1,65	8,40	1,98	4,37	4,06	0,05	2,48	0,806

Měření drsnosti povrchu kontrolního vzorku 3B – $\lambda_c = 0,8$

Tab. 25 – Naměřené hodnoty drsnosti vzorku 3B.

Číslo měření	Vybrané parametry drsnosti							
	Ra [μm]	Rz [μm]	Rq [μm]	Rp [μm]	Rv [μm]	R _{SK} [-]	R _{KU} [-]	R _{LO} [mm]
1 ↓	2,23	12,91	2,80	5,61	7,30	-0,14	3,11	0,813
2 ↓	2,08	11,69	2,65	5,06	6,63	-0,34	2,93	0,811
3 ↓	2,40	12,83	3,06	6,54	6,29	-0,11	2,79	0,807
4 →	1,86	10,02	2,35	4,95	5,07	0,12	2,77	0,810
5 →	1,64	9,56	2,09	4,86	4,69	0,14	3,14	0,813
Průměr ↓	2,24	12,48	2,84	5,74	6,74	-0,20	2,94	0,810
Průměr →	1,75	9,79	2,22	4,91	4,88	0,13	2,96	0,812

Měření drsnosti povrchu kontrolního vzorku 3C – $\lambda_c = 0,8$

Tab. 26 – Naměřené hodnoty drsnosti vzorku 3C.

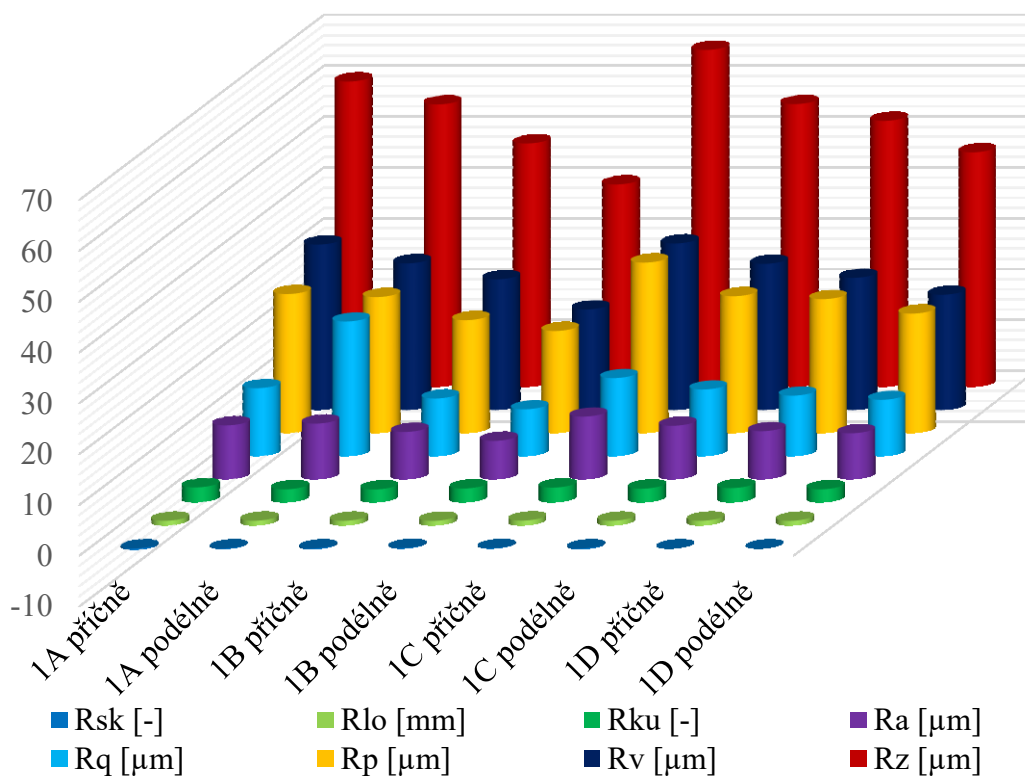
Číslo měření	Vybrané parametry drsnosti							
	Ra [μm]	Rz [μm]	Rq [μm]	Rp [μm]	Rv [μm]	R _{SK} [-]	R _{KU} [-]	R _{LO} [mm]
1 ↓	1,81	9,54	2,27	4,37	5,17	-0,27	2,69	0,807
2 ↓	1,70	10,02	2,14	5,39	4,64	0,57	3,62	0,808
3 ↓	1,52	8,08	1,90	4,13	3,95	0,00	2,86	0,807
4 →	1,86	10,82	2,37	4,27	6,55	-0,85	4,03	0,809
5 →	3,18	14,48	3,80	7,28	7,21	0,12	2,17	0,815
Průměr ↓	1,68	9,21	2,10	4,63	4,59	0,1	3,06	0,807
Průměr →	2,52	12,65	3,09	5,78	6,88	-0,37	3,1	0,812

Měření drsnosti povrchu kontrolního vzorku 3D – $\lambda_c = 0,8$

Tab. 27 – Naměřené hodnoty drsnosti vzorku 3D.

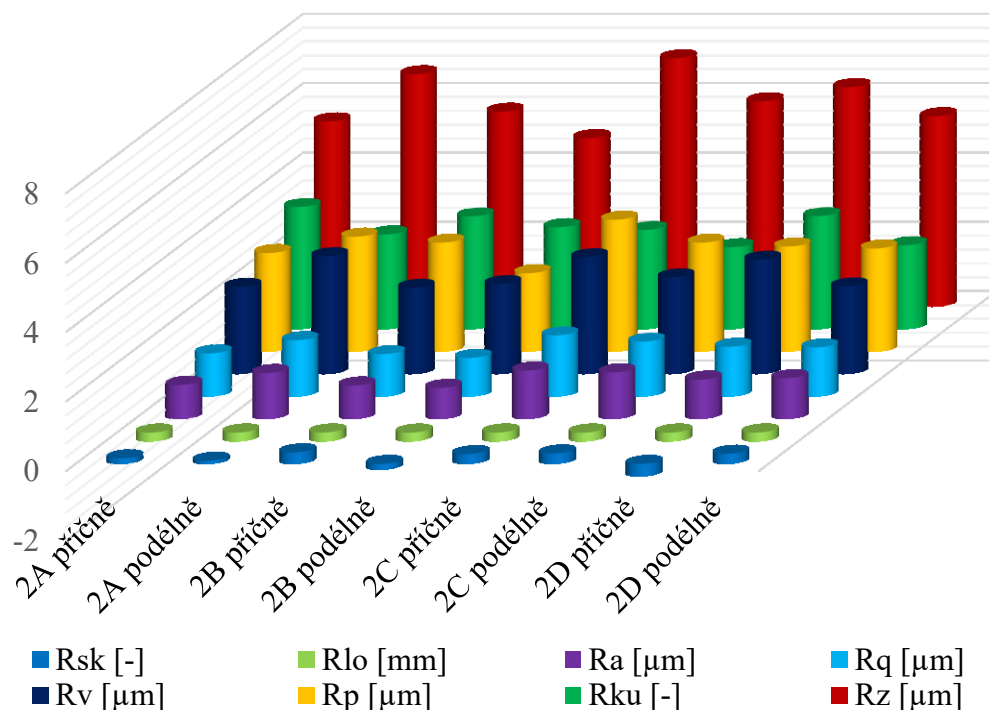
Číslo měření	Vybrané parametry drsnosti							
	Ra [μm]	Rz [μm]	Rq [μm]	Rp [μm]	Rv [μm]	R _{SK} [-]	R _{KU} [-]	R _{LO} [mm]
1 ↓	1,95	11,32	2,46	5,77	5,55	0,17	3,38	0,810
2 ↓	1,48	9,46	1,94	4,57	4,90	-0,08	3,96	0,806
3 ↓	1,46	8,94	1,90	5,07	3,87	0,65	4,60	0,811
4 →	1,41	7,60	1,77	4,36	3,24	0,41	3,06	0,805
5 →	1,46	8,75	1,94	4,60	4,15	0,10	3,39	0,805
Průměr ↓	1,63	9,91	2,10	5,14	4,77	0,25	3,98	0,809
Průměr →	1,44	8,18	1,86	4,48	3,70	0,26	3,23	0,805

Průměrné hodnoty vybraných parametrů drsnosti u vzorků skupiny 1 - povrch otryskaný



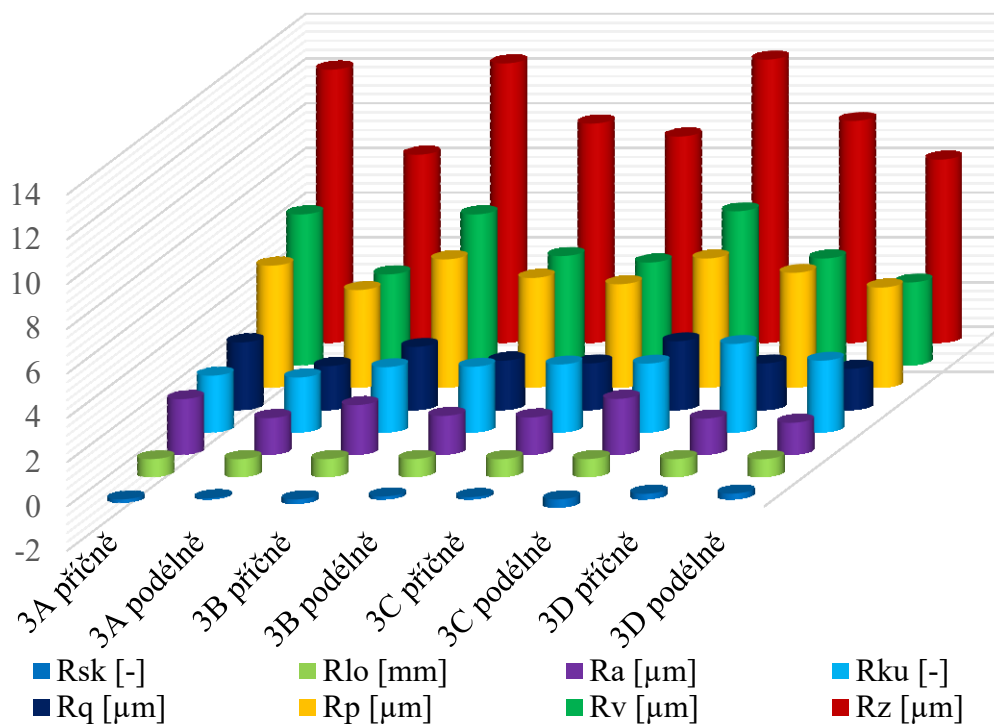
Graf 4 – Průměrné hodnoty drsnosti vzorků 1.

Průměrné hodnoty vybraných parametrů drsnosti u vzorků skupiny 2 - povrch válcovaný



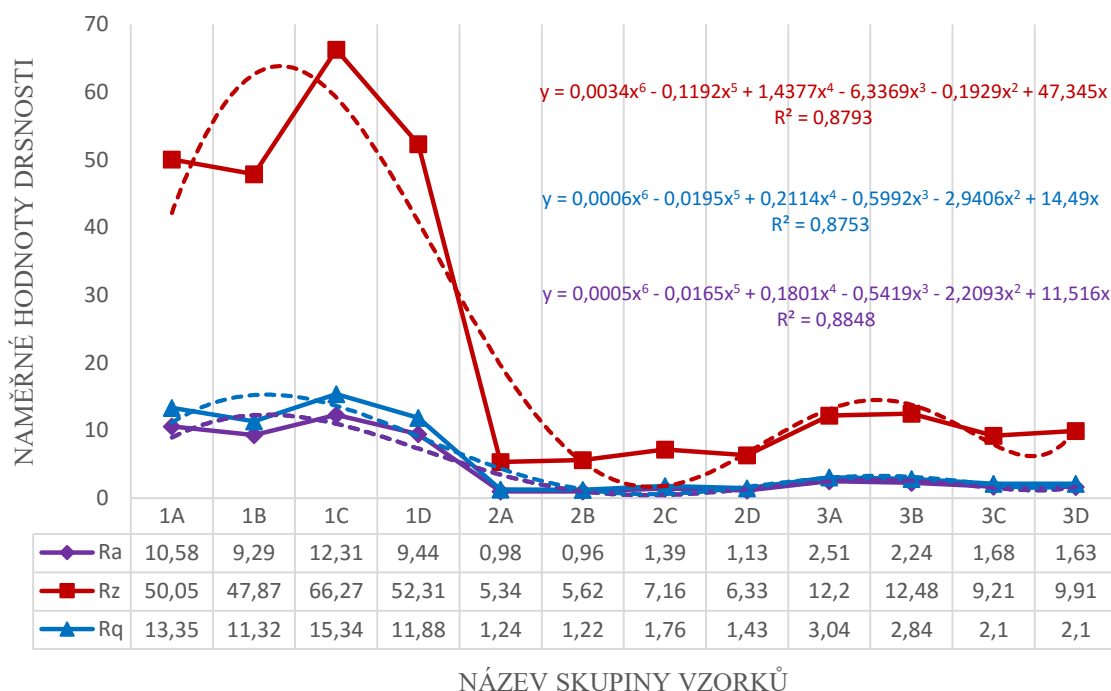
Graf 5 – Průměrné hodnoty drsnosti vzorků 2.

Průměrné hodnoty vybraných parametrů drsnosti u vzorků skupiny 3 - povrch broušený



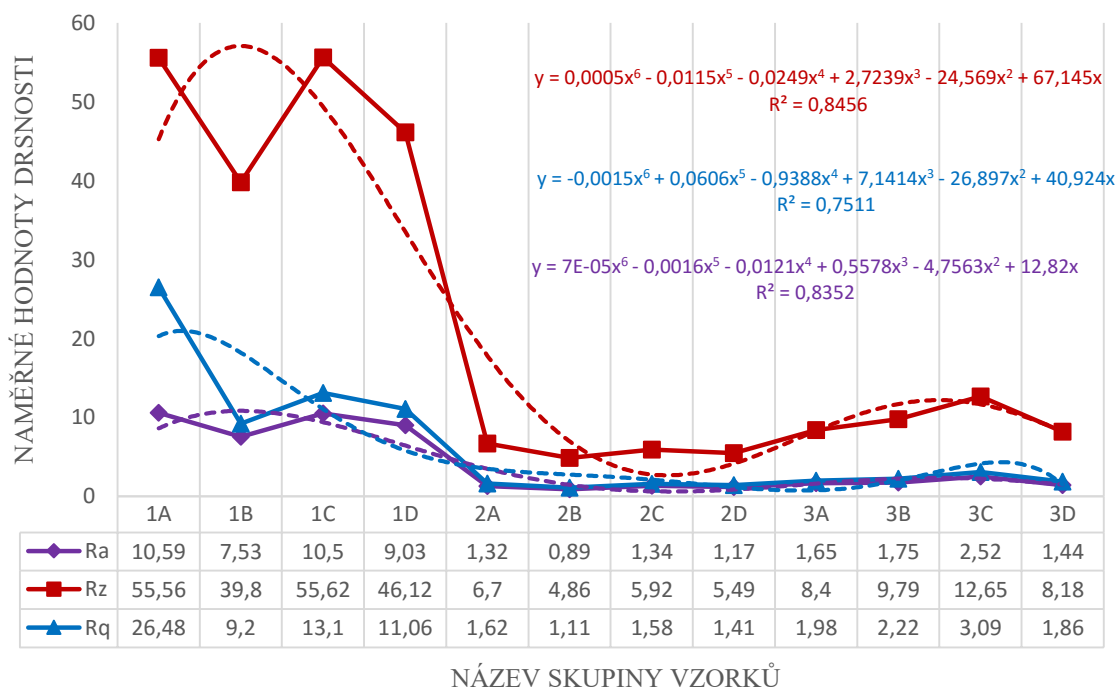
Graf 6 – Průměrné hodnoty drsnosti vzorků 3.

Porovnání příčně naměřených vybraných parametrů drsnosti

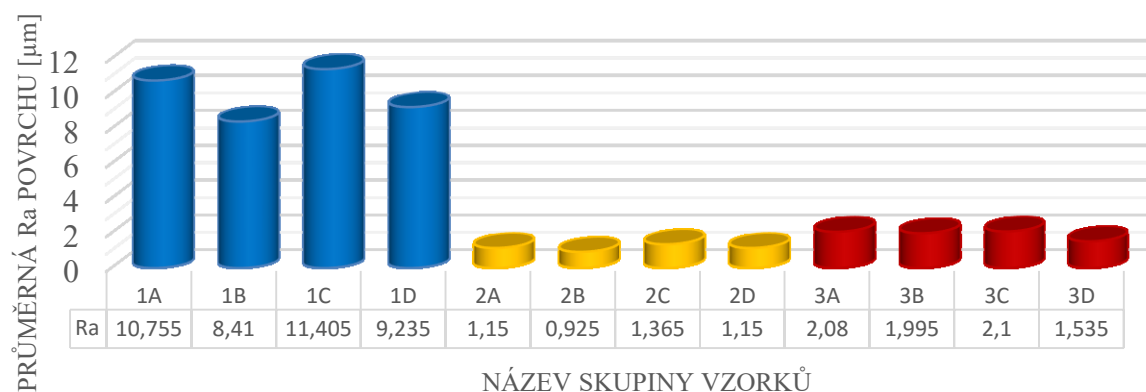


Graf 7 – Porovnání příčně naměřených vybraných parametrů drsnosti.

Porovnání podélně naměřených vybraných parametrů drsnosti



Graf 8 – Porovnání podélně naměřených vybraných parametrů drsnosti.



Graf 9 – Porovnání průměrných hodnot parametru Ra všech vzorků.

Nevětší průměrnou aritmetickou úchylku profilu vykazují vzorky skupiny A, tj. vzorky jejichž povrch byl otryskán. Čím větší je Ra, tím vyšší je nárůst spotřeby barvy a to znamená nejen delší čas pro její aplikaci k dosažení požadované mokré/suché tloušťky vrstvy, ale také zvýšení výsledné ceny. Čím menší bude tzv. mrtvý objem, tím menší spotřeba barvy a vyšší ekonomická úspora. Nejnížší hodnoty Ra vykazují vzorky skupiny 2 s povrchem válcovaným. Podobných průměrných hodnot Ra dosahují i vzorky s broušeným povrchem.

8.3 Zaprášení - normální, vysušená, mokrá křída

Před vlastním nanášením probíhalo nejprve vážení každé křidy na laboratorní analytické váze od výrobce OHAUS číslo 7051-KL-VO379-15 kalibrované 5. 8. 2015.



Obr. 77 – Vážení normální křidy před nanášením.

Jednotlivé navážené hmotnosti:

Hmotnost normální křídý: 8,0859 g

Hmotnost mokré křídý: 8,7313 g

Hmotnost vysušené křídý: 7,9627 g – sušeno při teplotě $T=100^{\circ}\text{C}$ po dobu $t=10$ minut

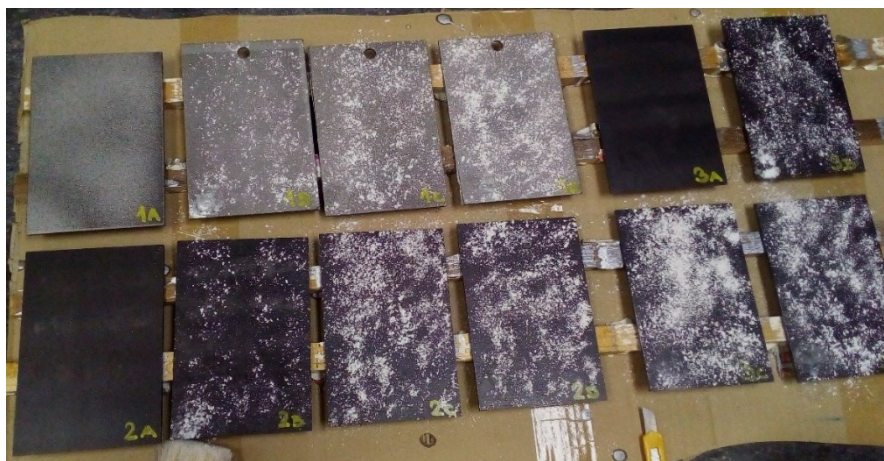
Přiřazené označení vzorkům pro typy kříd:

A – na povrch nebyl nanesen žádný typ křídý

B – na povrch byla nanesená vysušená křída

C – na povrch byla nanesená mokrá křída

D – na povrch byla nanesená normální křída



Obr. 78 – Soubor vzorků po nanesení kříd.

Po nanesení všech druhů kříd na určené povrchy vzorků následoval odběr pomocí plastelíny na sklíčko, jak je možné vidět na obr. 79.

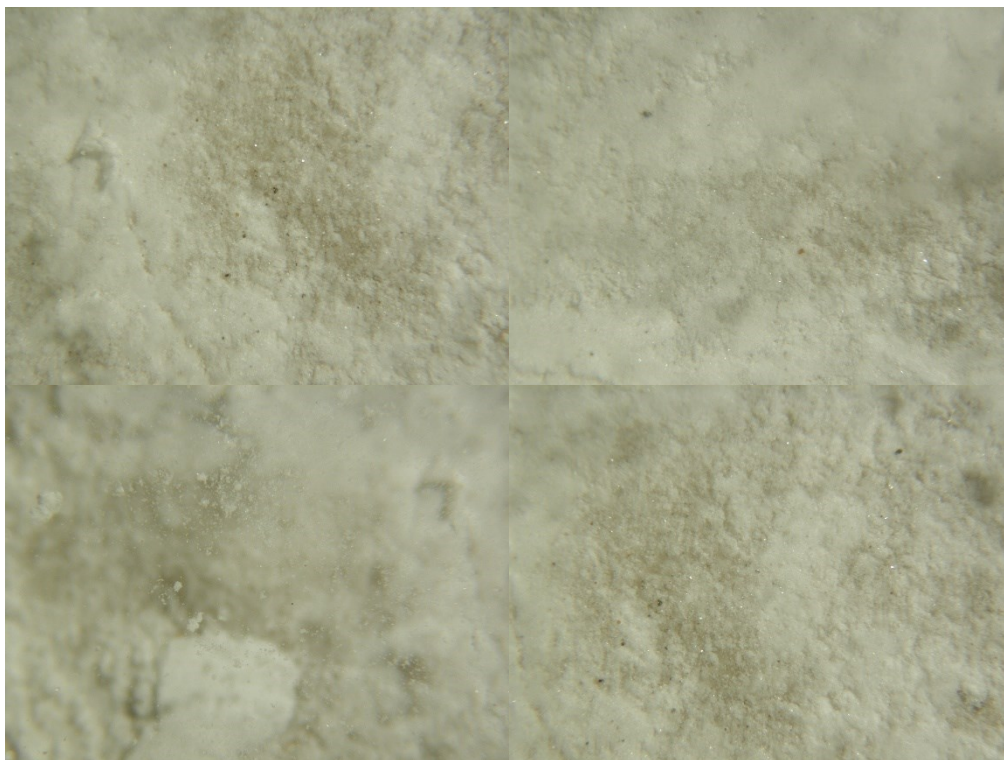


Obr. 79 – Odebrané vzorky křídý.

Tyto odebrané vzorky se následně analyzovaly na světelném metalografickém mikroskopu Carl Zeiss Neophot 2 (obr. 80), který dovoluje pořizovat snímky struktury. Šířka záběru pořízeného snímku je 5 mm při zvětšení 20x. Pořízená fotodokumentace záběrů vzorků 1B-3D (od každého vzorku 4 snímky z různých míst) je na obr. 81–89.



Obr. 80 – *Použitý metalografický mikroskop.*



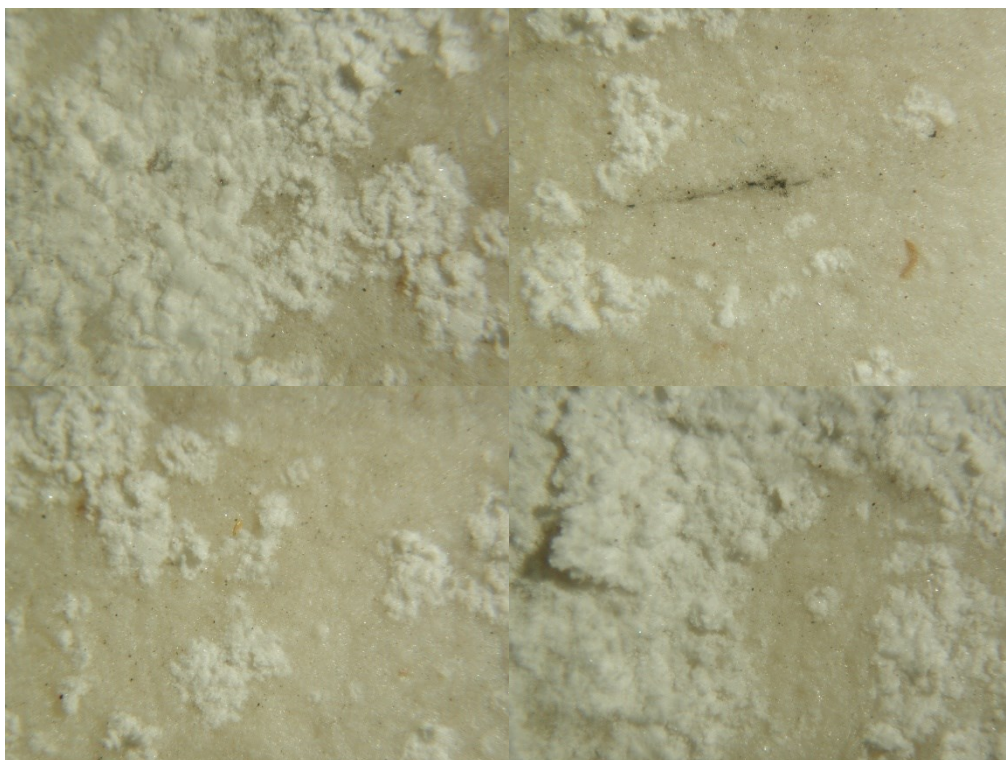
Obr. 81 – *vzorek 1B vysušená křída na otryskaném povrchu.*



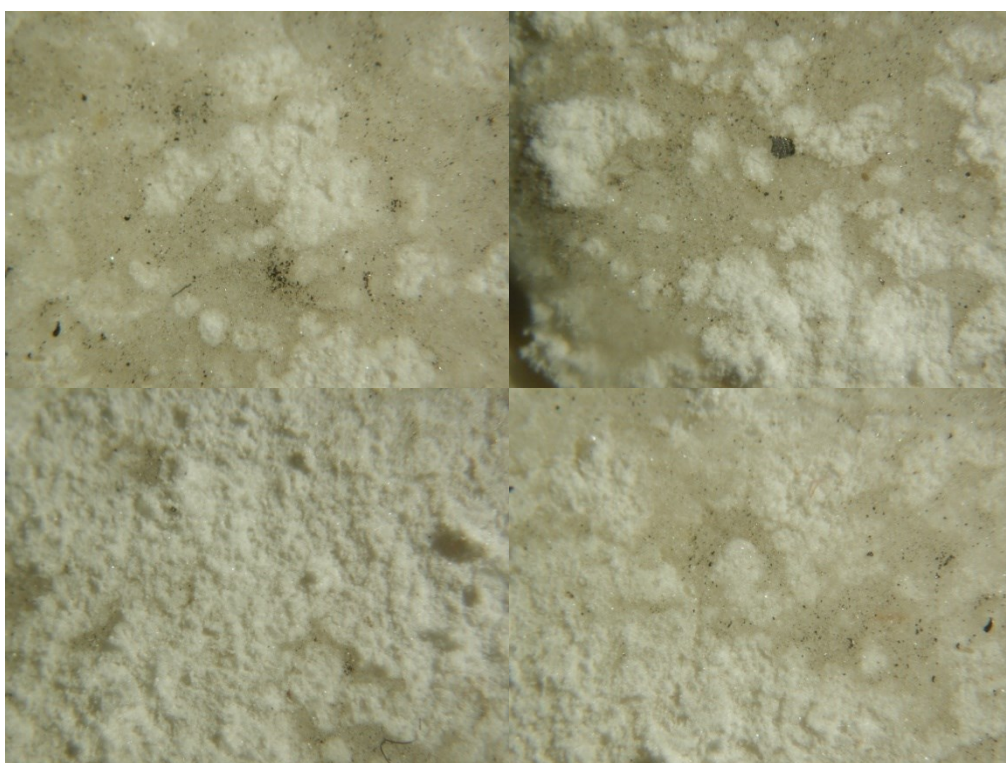
Obr. 82 – vzorek 2B vysušená křída na válcovaném povrchu.



Obr. 83 – vzorek 3B vysušená křída na broušeném povrchu.



Obr. 84 – vzorek 1C mokrá křída na otryskaném povrchu.



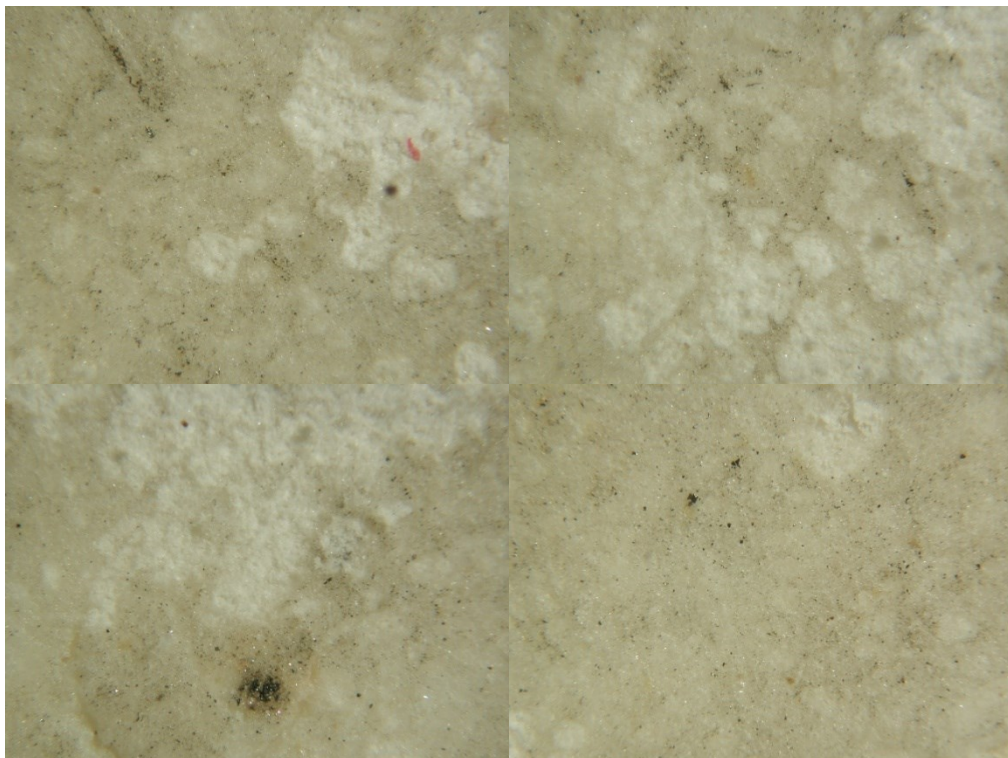
Obr. 85 – vzorek 2C mokrá křída na válcovaném povrchu.



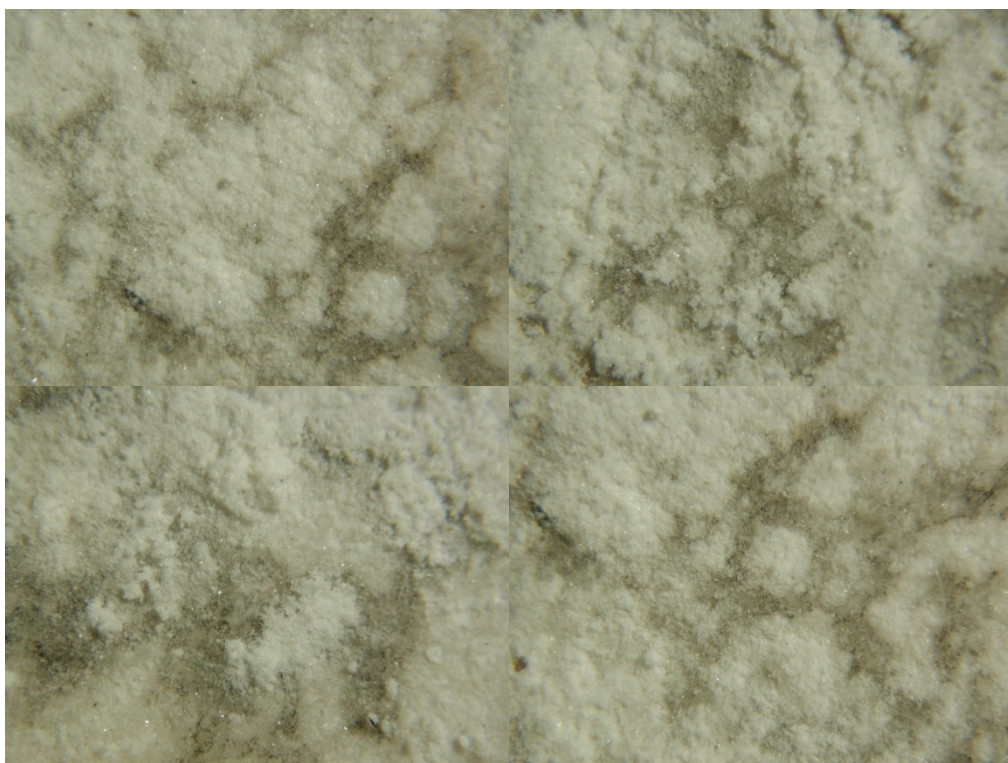
Obr. 86 – vzorek 3C mokrá křída na broušeném povrchu.



Obr. 87 – vzorek 1D normální křída na otryskaném povrchu.



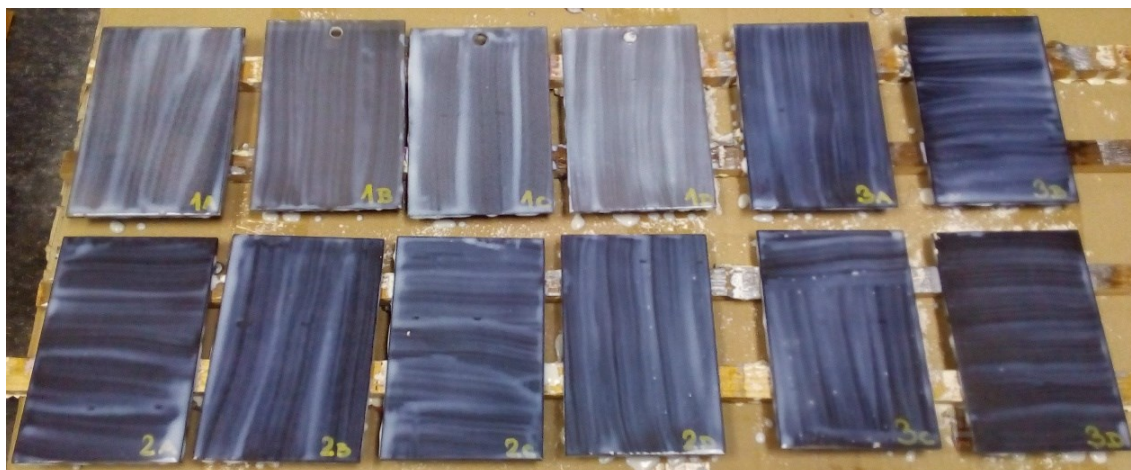
Obr. 88 – vzorek 2D normální křída na válcovaném povrchu.



Obr. 89 – vzorek 3D normální křída na broušeném povrchu.

8.4 Nanášení nátěrové hmoty a její zkoušky

Na skupiny vzorků byl nanesen blíže nespecifikovaný vodou ředitelný transparentní nátěr s obsahem nanočástic.



Obr. 90 – Soubor vzorků po nanesení nátěrové hmoty.

8.4.1 Měření mokré tloušťky filmu

Toto měření bylo provedeno jako metoda 1A podle ČSN EN ISO 2808:2007. Pro měření tloušťky mokrého filmu jsem využila hřebenové měrky nátěrů od výrobce BASTRO s měřícím rozsahem 25 až 2000 μm , pomocí níž jsem na vzorcích naměřila mokré tloušťku v rozmezí od 175 do 200 μm . A to tak, že jsem očištěnou měrku ihned po aplikaci nátěru přitlačila měřícím hřeben k nátěru, tak aby směřovala kolmo na povrch a smočil jeho zuby.



Obr. 91 – Použitá měrka nátěrů.

8.4.2 Měření suché tloušťky filmu

Pro měření tloušťky suché vrstvy nátěru jsem využila digitálního tloušťkoměru značky Elcometer 456 FNF.



Obr. 92 – Průběh měření NDF a) tloušťkoměr, b) ukázka měření.

Tab. 28 – Hodnoty tloušťky suché vrstvy vzorku 1A.

Vzorek 1A			
n	10	\bar{x}	31,12
l_o	20,9	H_i	49,9
σ	6,89	c_v [%]	31,8

Tab. 29 – Hodnoty tloušťky suché vrstvy vzorku 1B.

Vzorek 1B			
n	10	\bar{x}	23,90
l_o	14,5	H_i	29,2
σ	5,03	c_v [%]	21,0

Tab. 30 – Hodnoty tloušťky suché vrstvy vzorku 1C.

Vzorek 1C			
n	10	\bar{x}	26,94
l_o	11,2	H_i	62,7
σ	15,2	c_v [%]	56,5

Tab. 31 – Hodnoty tloušťky suché vrstvy vzorku 1D.

Vzorek 1D			
n	10	\bar{x}	38,19
l_o	13,4	H_i	60,4
σ	15,7	c_v	41,2

Tab. 32 – Hodnoty tloušťky suché vrstvy vzorku 2A.

Vzorek 2A			
n	10	\bar{x}	22,61
l_o	11,3	H_i	45,8
σ	10,6	c_v	46,8

Tab. 33 – Hodnoty tloušťky suché vrstvy vzorku 2B.

Vzorek 2B			
n	10	\bar{x}	32,18
l_o	19,3	H_i	54,1
σ	11,3	c_v	35,2

Tab. 34 – Hodnoty tloušťky suché vrstvy vzorku 2C.

Vzorek 2C			
n	10	\bar{x}	31,75
l_o	20,1	H_i	45,9
σ	7,41	c_v	23,3

Tab. 35 – Hodnoty tloušťky suché vrstvy vzorku 2D.

Vzorek 2D			
n	10	\bar{x}	34,49
l_o	26,6	H_i	42,5
σ	4,26	c_v	12,4

Tab. 36 – Hodnoty tloušťky suché vrstvy vzorku 3A.

Vzorek 3A			
n	10	\bar{x}	29,26
l_o	18,6	H_i	51,3
σ	9,90	c_v	33,8

Tab. 37 – Hodnoty tloušťky suché vrstvy vzorku 3B.

Vzorek 3B			
n	10	\bar{x}	30,79
l_o	21	H_i	46,1
σ	8,44	c_v	27,4

Tab. 38 – Hodnoty tloušťky suché vrstvy vzorku 3C.

Vzorek 3C			
n	10	\bar{x}	29,44
l_o	17,1	H_i	41,9
σ	8,80	c_v	29,9

Tab. 39 – Hodnoty tloušťky suché vrstvy vzorku 3D.

Vzorek 3D			
n	10	\bar{x}	24,7
l_o	12,0	H_i	38,2
σ	8,56	c_v	34,7

Kde:

n...počet měření

l_o...nejnižší naměřená hodnota

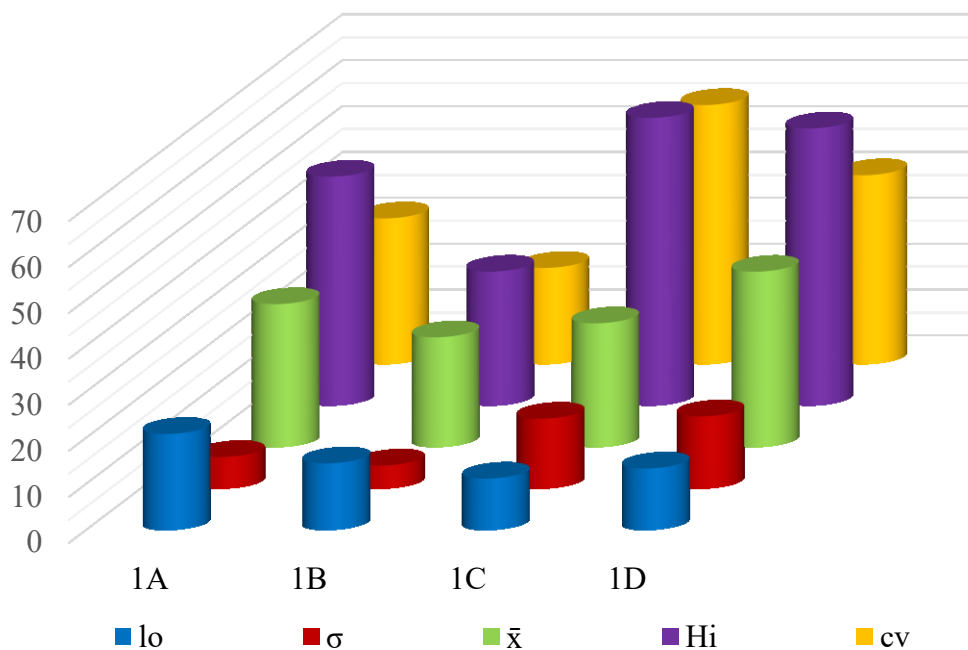
σ...standardní odchylka

\bar{x} ...průměrná naměřená hodnota

H_i...nejvyšší naměřená hodnota

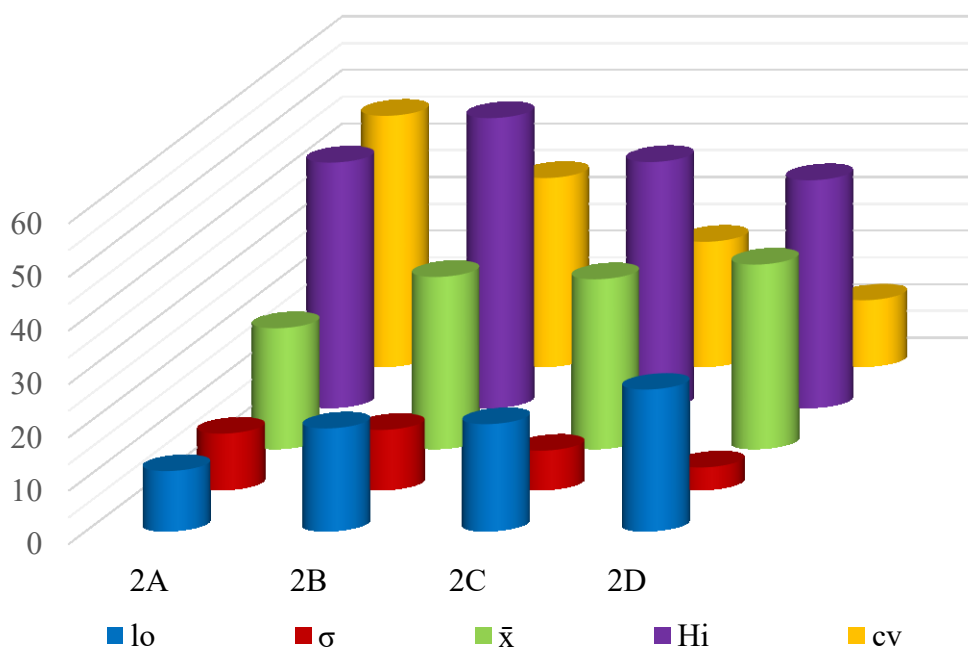
c_v...variační koeficient

Průměrné naměřené hodnoty tloušťky suché vrstvy vzorků
skupiny 1 - povrch otryskaný, n=10



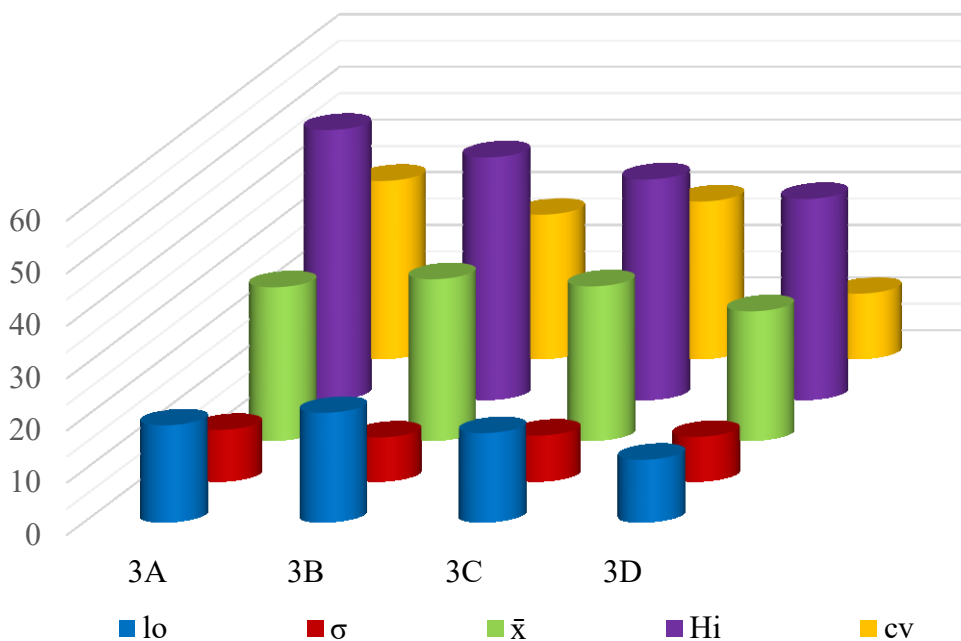
Graf 10 – Naměřené hodnoty pro vzorky s otryskaným podkladem.

Průměrné naměřené hodnoty tloušťky suché vrstvy vzorků
skupiny 2 - povrch válcovaný, n=10



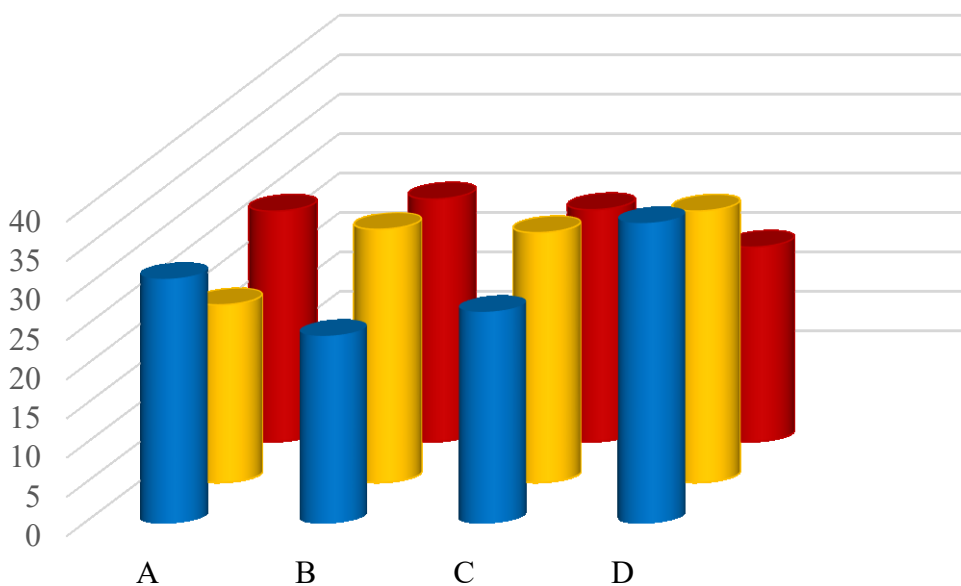
Graf 11 – Naměřené hodnoty pro vzorky s válcovaným podkladem.

Průměrné naměřené hodnoty tloušťky suché vrstvy vzorků skupiny 3 - povrch broušený, n=10



Graf 12 – Naměřené hodnoty pro vzorky s broušeným podkladem.

Porovnání průměrných hodnot tloušťky suché vrstvy, n=10



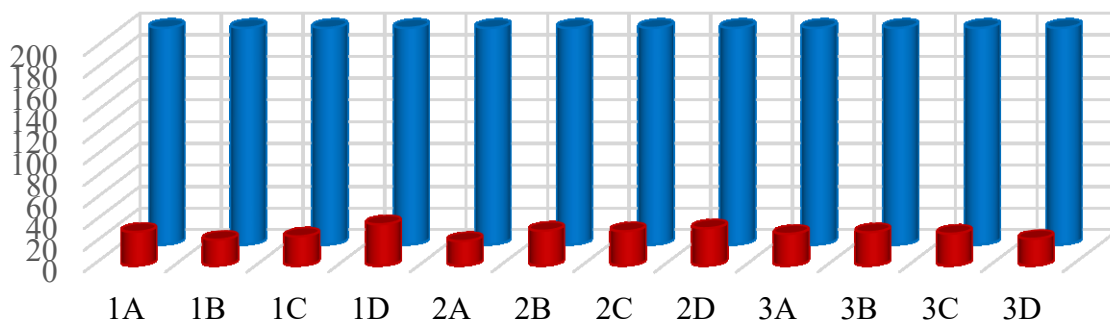
■ sk. 1 povrch otryskaný ■ sk. 2 povrch válcovaný ■ sk. 3 povrch broušený

Graf 13 – Souhrnné porovnání tloušťky suchých vrstev.

Průměrná hodnota nanášené tloušťky mokré vrstvy se blížila 200 μm , po změření tloušťky suché vrstvy se hodnoty výrazně změnily (až o 88,7%), tak jak je uvedeno v tab. 40. Na snížení tloušťky nátěru při neměl prokazatelný vliv druh předpřípravy povrchu. Hodnota průměrné tloušťky suché vrstvy v rámci skupiny 1 (30,04 μm), skupiny 2 (30,26 μm) a skupiny 3 (28,55 μm) jeví minimální rozptyl. Hodnoty průměrné tloušťky suché vrstvy v porovnání skupin A (27,66 μm), B (28,96 μm), C (29,38 μm) a D (32,46 μm) vykazuje již rozdíly větší, kdy největší tloušťky dosáhly vzorky na jejich povrch byla exponována normální křída a logicky nejmenší tloušťky vzorky na jejichž povrchu nebyla žádná křída. Hodnoty jsou ovšem zatíženy odchylkou, kterou může způsobit štětec během aplikace nátěrové hmoty např. nerovnoměrnost nanesené vrstvy.

Tab. 40 – Vyhodnocení tloušťky suché vrstvy.

Vzorek	Průměrná naměřená hodnota suché tloušťky	Snížení tloušťky na
1A	31,12 μm	15,56%
1B	23,90 μm	11,95%
1C	26,94 μm	13,47%
1D	38,19 μm	19,09%
2A	22,61 μm	11,3%
2B	32,18 μm	16,09%
2C	31,75 μm	15,87%
2D	34,49 μm	17,24%
3A	29,26 μm	14,63%
3B	30,79 μm	15,39%
3C	29,44 μm	14,72%
3D	24,70 μm	12,35%



Graf 14 – Porovnání naměřených tlouštěk vrstvy.

8.5 Zkoušky odtrhové pevnosti

Zkouškami odtrhové pevnosti vyjadřujeme, jaká je potřeba síla, aby byly překonány síly vazby povlaku popřípadě povlaku s podkladem na kontrolní ploše. Výsledky mřížkové zkoušky a křížového řezu jsou porovnávány s grafickými předlohami a podle nich klasifikovány do stupňů 0-5 podle procentuálního poškození plochy. U odtrhové zkoušky jsou výsledky vyjadřovány číselně v N/mm^2 . Všechny zmíněné zkoušky jsou zkouškami destruktivními.

8.5.1 Mřížková zkouška

Po změření suché tloušťky povlaku jsem pomocí parametrové tabulky zvolila řezák z kufríku sady Elcometer 107 pro mřížkovou zkoušku pro tloušťku povlaku (0-60 μm), který má 6 řezných zubů, mezi nimiž je odstup 1 mm a ten ustavila do držáku rukojeti (obr. 93 a). Následně jsem vzorky rozmístila na rovném a pevném povrchu a provedla řez ve vzdálenosti minimálně 5 mm od krajů vzorku skrz nátěr až k podkladu a kolmo na první řez pak řez druhý, tak aby vznikla pravoúhlá mřížka o 6 řezech v každém směru (obr. 93 b).

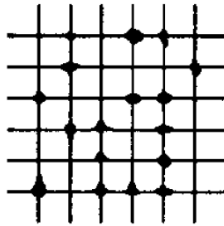
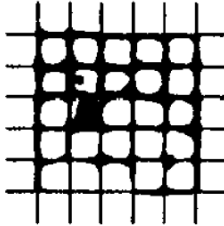
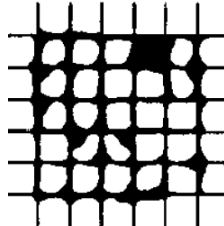
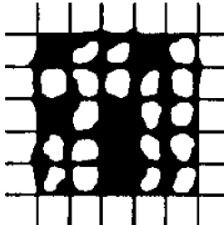


Obr. 93 – a) Elcometer 107 s řezákem se zuby ve vzdálenosti 1 mm, b) výřez mřížky.

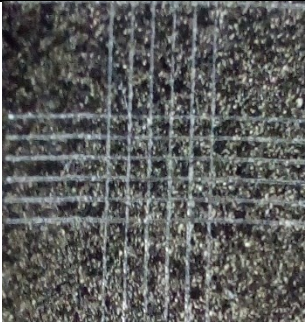



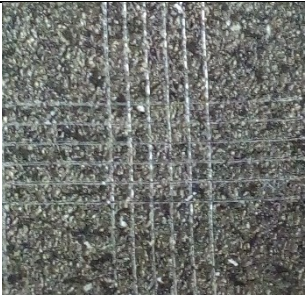

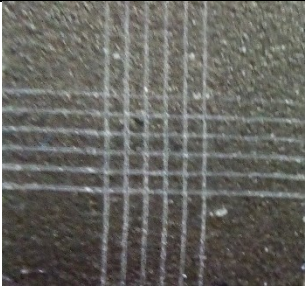

Po úhlopříčném očištění mřížky pomocí v kufríku přiloženého měkkého štětce, aby došlo k odstranění ořezaného nátěru, jsem mřížku přelepila vysoce adhezivní průhlednou páskou o šířce 50 mm, kde jsem ji uhladila a silně přitiskla. Následovalo odtrhnutí pásky v úhlu blízcímu se přibližně 60°. Tento postup byl opakován na všech mřížkách na všech vzorcích.

Podle poškození, které vzniklo po odtrhnutí pásky, klasifikujeme do stupňů poškození tak, jak je znázorněno v tab. 41. Hodnocení jednotlivých vzorků je rozepsáno v tab. 42 – tab. 44, kde v prvním sloupci je číselné a písmenné označení vzorku, ve druhém a třetím sloupci je foto samotného typického představitele mřížky na tomto vzorku a jeho pásky. Páska je přiložena kvůli jednoznačnosti z toho důvodu, že nátěr je transparentní. Poslední sloupec je průměrnou hodnotou všech naměřených výsledků. Postup i vyhodnocení výsledku bylo provedeno v souladu s ČSN EN ISO 16276-1 a ČSN EN ISO 2409.


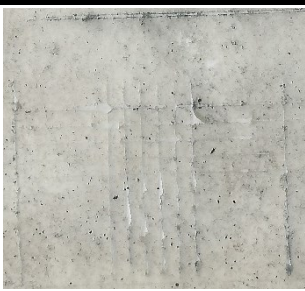






Tab. 41 – Porovnávací tabulka pro hodnocení mřížkové zkoušky.[18]

Stupeň	Grafické znázornění	Popis
0	~	Žádné poškození plochy Hrany hladké
1		Poškození plochy < 5% Malé odloupnutí povlaku v místech křížení
2		Poškození plochy 5-15% Odloupnutí povlaku v místech křížení popř. podél řezů
3		Poškození plochy 15-35% Odloupnutí povlaku podél řezů v pásech popř. ve čtvercích
4		Poškození plochy 35-65% Odloupnutí povlaku podél řezů v pásech popř. ve čtvercích
5	~	Poškození plochy > 65%









Tab. 42 – Vyhodnocení mřížkové zkoušky pro skupinu vzorků 1.

Označení vzorku	Foto mřížky pro hodnocení	Foto pásky	Klasifikace výsledku
1A			1
1B			1
1C			1
1D			1

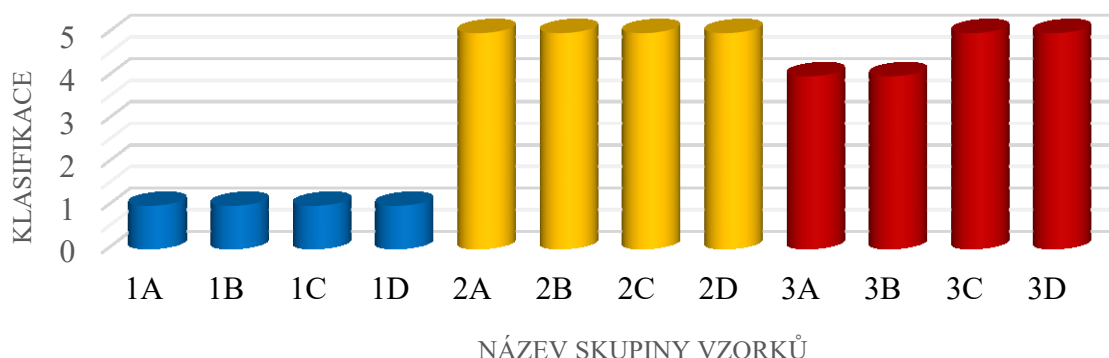
Tab. 43 – Vyhodnocení mřížkové zkoušky pro skupinu vzorků 2.

Označení vzorku	Foto mřížky pro hodnocení	Foto pásky	Klasifikace výsledku
2A			5
2B			5
2C			5
2D			5

Tab. 44 – Vyhodnocení mřížkové zkoušky pro skupinu vzorků 3.

Označení vzorku	Foto mřížky pro hodnocení	Foto pásky	Klasifikace výsledku
3A			4
3B			4
3C			5
3D			5

Porovnání výsledků mřížkové zkoušky



Graf 15 – Porovnání výsledků mřížkové zkoušky.

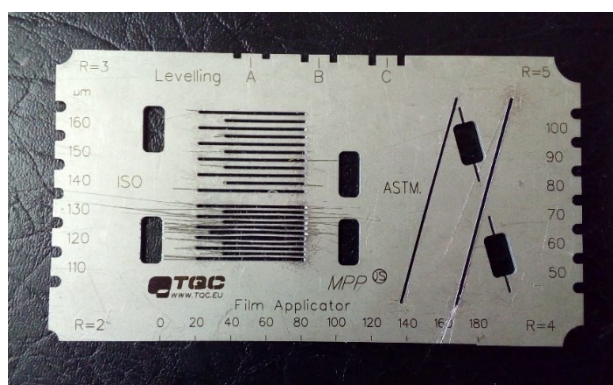
Výsledky všech mřížek na různých místech jednoho vzorku odpovídají stejnému klasifikačnímu stupni, není tudíž třeba měření opakovat na jiných místech a lze s nimi uvažovat jako s výsledky pro zkoušku platnými.

Bezesporu nejlepších výsledků přilnavosti dosahovaly vzorky s otryskaným povrchem (skupina 1), kde jako jediné dosáhly klasifikačního stupně 1 tj. minimálního poškození, pouze malých odloupenutí v místech kde se křížily řezy, ať už byla nebo nebyla na povrch nanесena křída. Naproti tomu výsledky vzorků s povrchem válcovaným (skupina 2) ve všech případech dosahovali klasifikace 5, tudíž nejhorší možnou dosažitelnou přilnavost nátěru k podkladu. Skupina 3 jsou vzorky s broušeným povrchem, v případech kdy A - na povrch nebyla nanесena křída a B – na povrch byla nanесena vysušená křída, bylo poškození nátěru na zkušební ploše menší než 65% avšak s odloupenutím celých čtverců v pásech a tak klasifikováno jako 4. Vzorek 3C vykazoval nejhorší výsledek skupiny, nátěr zde byl odstraněn jako celistvý pruh v celé šířce pásy, nejen v místě mřížky – jedná se o vzorek s broušeným povrchem, na nějž byla nanесena mokrá křída. Vzorek 3D byl klasifikován také stupněm 5, avšak nedošlo zde k tak masivnímu odlupování mimo plochu mřížky jako v případě vzorku 3C.

Z grafu 15 – porovnání výsledků mřížkové zkoušky, je patrné, že přilnavost skupin vzorků 2 a 3 je nedostatečná ve všech případech.

8.5.2 Křížový řez

Pomocí víceúčelové měrky SP3000 od výrobce TQC z korozivzdorné oceli o rozměrech 100 x 55 mm, z níž jsem využila vodící šablonu pro křížovou zkoušku adheze, jsem řezným nástrojem prořízla nátěr v délce 40 mm až k podkladu ve tvaru písmene X. Přes oblast řezu jsem nalepila a pevně přitlačila průhlednou lepicí pásku o šířce 50 mm a délce 75 mm. Pro vyhodnocení porovnáváme výsledek s tab. 45. Na každém vzorku byly provedeny 2 křížové řezy. Foto křížů ve vyhodnocovacích tabulkách 46–48 jsou 1 reprezentační vzorek. Hodnota klasifikace v těchto tabulkách je průměrnou hodnotou z obou měření na každém vzorku.







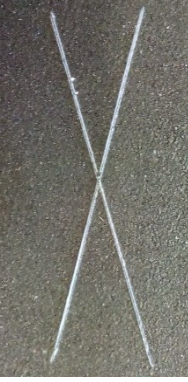



Obr. 94 – Víceúčelová měrka TQC SP3000









Tab. 45 – Porovnávací tabulka pro hodnocení křížového řezu.[17]

Stupeň	Grafické znázornění	Popis	Stupeň	Grafické znázornění	Popis
0		Žádné poškození	3		Třepící dlouhé odlupování podél řezů, max. 3 mm na stranách
1		Malé odloupenutí v místě křížení nebo podél řezů	4		Většina nátěru na ploše X řezu je odloupenuta
2		Třepící odlupování podél řezů, na každé straně max. 1,5 mm	5		Nátěr je odloupenut i mimo plochu X řezu









Tab. 46 – Vyhodnocení křížového řezu pro skupinu vzorků 1.

Označení vzorku	Foto kříže pro hodnocení	Foto pásky	Klasifikace výsledku
1A			0
1B			0
1C			0
1D			0

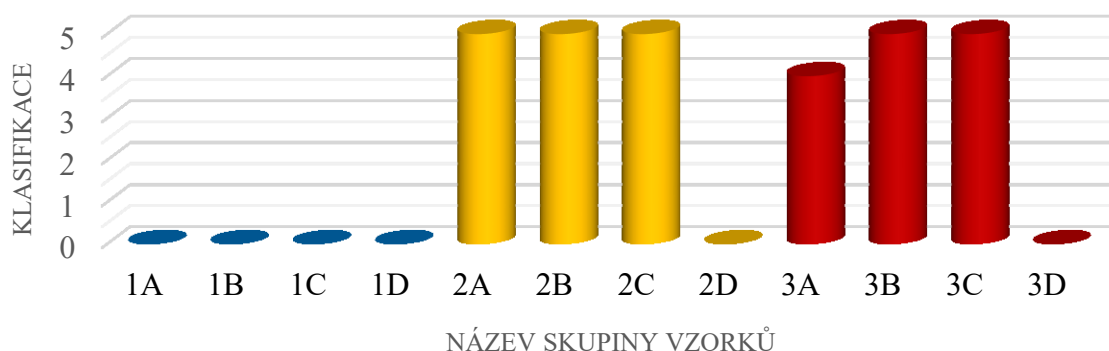
Tab. 47 – Vyhodnocení křížového řezu pro skupinu vzorků 2.

Označení vzorku	Foto kříže pro hodnocení	Foto pásky	Klasifikace výsledku
2A			5
2B			5
2C			5
2D			0

Tab. 48 – Vyhodnocení křížového řezu pro skupinu vzorků 3.

Označení vzorku	Foto kříže pro hodnocení	Foto pásky	Klasifikace výsledku
3A			4
3B			5
3C			5
3D			0

Porovnání výsledků křížového řezu



Graf 16 – Porovnání výsledků křížového řezu.

Postup i vyhodnocení výsledku bylo provedeno v souladu s ČSN EN ISO 16276-2. Vzorky, jejichž povrch byl otryskán (skupina 1), vykazují vynikající přilnavost nátěru klasifikovanou stupněm 0. Na zkušební ploše nebylo zaznamenáno žádné poškození. Stejně tak byly klasifikovány vzorky skupiny 2D a 3D, tedy vzorky, na jejichž povrch byla nanесena normální křída, ani ony nevykazovaly žádné poškození nátěru. Oproti tomu vzorky s válcovaným povrchem, na něž před aplikací nátěru nebyla nanесena křída (2A) nebo byla nanесena křída vysušená (2B) a křída mokrá (2C), jsou klasifikovány stupněm 5, protože po odstranění vysoce adhezní pásky je nátěr odloupl nejen v místě kříže, ale také na většinově části zkušební plochy. Vzorky s povrchem, který byl broušený se v případech, kdy na něm byla nanесena křída vysušená a mokrá odloupl plošně, a proto byl klasifikován stupněm 5. U vzorku 3A na němž křída nebyla, byl nátěr poškozen jen v rámci plochy kříže a tudíž je hodnocen stupněm poškození 4.

8.5.3 Odtrhová zkouška

Odtrhová zkouškou byla provedena pro stanovení přilnavosti jednovrstvého nátěru. Nejprve jsem si připravila 24 hliníkových zkušebních tělísek o průměru 20 mm a povrch jak tělíska, tak vzorku mírně zdrsnila brusným papírem, jak doporučuje výrobce lepidla v technickém listu. Následovala příprava lepidla Araldite Standard, jedná se o lepidlo na bázi bezrozpuštědlového dvoukomponentního epoxidu. Obsah obou tub (část A i část B) jsem smíchala v poměru 1:1 v potřebném množství tak, aby byla všechna zkušební tělíska (jejich čelní plocha) potřena tenkou souvislou vrstvou lepidla. Připravená tělíska jsem postupně přitlačila k povrchu nátěru vzorků a nechala vytvrdit.



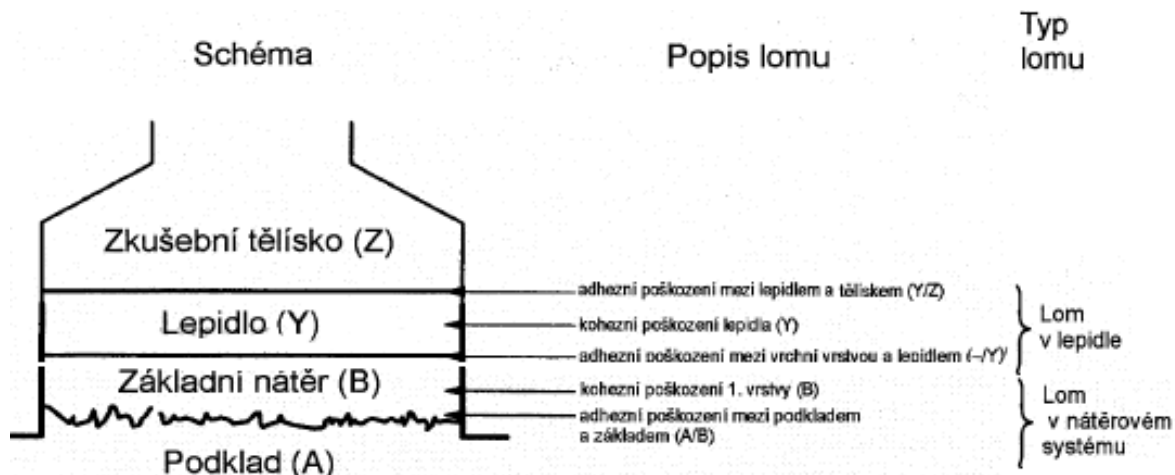
Obr. 95 – a) Použité lepidlo Araldite Standard, b) nalepené zkušební tělísko.

Poté co lepidlo vytvrdlo, jsem okolí zkušebních panenek ořezala až na podklad s použitím ořezávacího nástroje, který je součástí kufříku. Následovalo nasazení spodního kroužku a mechanického odtrhoměru Elcometer 106/2 (obr. 96) o měřicím rozsahu 0-7 MPa. Panenka je odtržena při vystavení tahového napětí v nejslabším místě (ať je to rozhraní nebo složka). Z každého odtrženého tělíska byla získána jedna hodnota odtrhové pevnosti.



Obr. 96 – Použitý měřicí přístroj – Mechanický odtrhoměr Elcometer 106/2

Postup, označení i vyhodnocení výsledku bylo provedeno v souladu s ČSN EN ISO 4624 a ČSN EN ISO 16276-2. Vyhodnocení proběhlo prohlédnutím povrchu lomu - jeho procentuálním rozdělením a přiřazením do skupin dle obr. 97. Odtrhová síla v newtonech se vypočítá jako součin odtrhové síly v MPa a plocha zkušební panenky v mm².



Obr. 97 – Schéma a popis lomů pro odtrhovou zkoušku.[16]

Tab. 49 – Vyhodnocení odtrhové zkoušky vzorek 1A.

Vzorek 1A					
Označení	Odtrh. pevnost [MPa]	Odtrh. síla [N]	A/B [%]	B/Y [%]	Y/Z [%]
Tělísko 1	3,5	1100	15	80	5
Tělísko 2	1	314	75	25	0
Průměrná hodnota	2,25	707			



Obr. 98 – Vzorek 1A po odtrhu a) tělísko 1, b) tělísko 2.

Tab. 50 – Vyhodnocení odtrhové zkoušky vzorek 1B.

Vzorek 1B					
Označení	Odtrh. pevnost [MPa]	Odtrh. síla [N]	A/B [%]	B/Y [%]	Y/Z [%]
Tělísko 1	3,5	1100	65	40	5
Tělísko 2	5,5	1728	70	30	0
Průměrná hodnota	4,5	1414			



Obr. 99 – Vzorek 1B po odtrhu a) tělísko 1, b) tělísko 2.

Tab. 51 – Vyhodnocení odtrhové zkoušky vzorek 1C.

Vzorek 1C					
Označení	Odtrh. pevnost [MPa]	Odtrh. síla [N]	A/B [%]	B/Y [%]	Y/Z [%]
Tělísko 1	0,5	157	90	10	0
Tělísko 2	0,5	157	85	10	5
Průměrná hodnota	0,5	157			



Obr. 100 – Vzorek 1C po odtrhu a) tělísko 1, b) tělísko 2.

Tab. 52 – Vyhodnocení odtrhové zkoušky vzorek 1D.

Vzorek 1D					
Označení	Odtrh. pevnost [MPa]	Odtrh. síla [N]	A/B [%]	B/Y [%]	Y/Z [%]
Tělísko 1	2	628	70	25	5
Tělísko 2	3	942	70	25	5
Průměrná hodnota	2,5	785			



Obr. 101 – Vzorek 1D po odtrhu a) tělísko 1, b) tělísko 2.

Tab. 53 – Vyhodnocení odtrhové zkoušky vzorek 2A.

Vzorek 2A					
Označení	Odtrh. pevnost [MPa]	Odtrh. síla [N]	A/B [%]	B/Y [%]	Y/Z [%]
Tělísko 1	2	628	80	20	0
Tělísko 2	1,5	471	85	15	0
Průměrná hodnota	1,75	549,5			



Obr. 102 – Vzorek 2A po odtrhu a) tělísko 1, b) tělísko 2.

Tab. 54 – Vyhodnocení odtrhové zkoušky vzorek 2B.

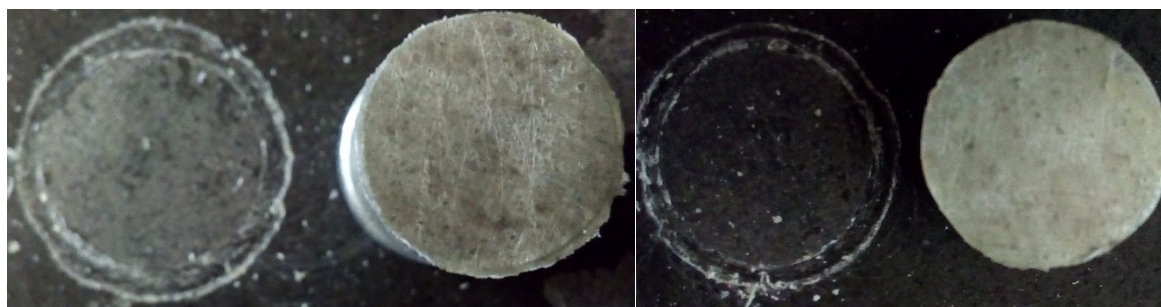
Vzorek 2B					
Označení	Odtrh. pevnost [MPa]	Odtrh. síla [N]	A/B [%]	B/Y [%]	Y/Z [%]
Tělísko 1	0,5	157	95	5	0
Tělísko 2	0,5	157	95	5	0
Průměrná hodnota	0,5	157			



Obr. 103 – Vzorek 2B po odtrhu a) tělísko 1, b) tělísko 2.

Tab. 55 – Vyhodnocení odtrhové zkoušky vzorek 2C.

Vzorek 2C					
Označení	Odtrh. pevnost [MPa]	Odtrh. síla [N]	A/B [%]	B/Y [%]	Y/Z [%]
Tělisko 1	1	314	85	15	0
Tělisko 2	1,5	471	90	10	0
Průměrná hodnota	1,25	392,5			



Obr. 104 – Vzorek 2C po odtrhu a) tělisko 1, b) tělisko 2.

Tab. 56 – Vyhodnocení odtrhové zkoušky vzorek 2D.

Vzorek 2D					
Označení	Odtrh. pevnost [MPa]	Odtrh. síla [N]	A/B [%]	B/Y [%]	Y/Z [%]
Tělisko 1	1	314	60	40	0
Tělisko 2	2	628	80	20	0
Průměrná hodnota	1,5	471			



Obr. 105 – Vzorek 2D po odtrhu a) tělisko 1, b) tělisko 2.

Tab. 57 – Vyhodnocení odtrhové zkoušky vzorek 3A.

Vzorek 3A					
Označení	Odtrh. pevnost [MPa]	Odtrh. síla [N]	A/B [%]	B/Y [%]	Y/Z [%]
Tělisko 1	2,5	785	50	50	0
Tělisko 2	2	628	90	10	0
Průměrná hodnota	2,25	706,5			



Obr. 106 – Vzorek 3A po odtrhu a) tělísko 1, b) tělísko 2.

Tab. 58 – Vyhodnocení odtrhové zkoušky vzorek 3B.

Vzorek 3B					
Označení	Odtrh. pevnost [MPa]	Odtrh. síla [N]	A/B [%]	B/Y [%]	Y/Z [%]
Tělísko 1	0,5	157	80	20	0
Tělísko 2	1	314	95	5	0
Průměrná hodnota	0,75	235,5			



Obr. 107 – Vzorek 3B po odtrhu a) tělísko 1, b) tělísko 2.

Tab. 59 – Vyhodnocení odtrhové zkoušky vzorek 3C.

Vzorek 3C					
Označení	Odtrh. pevnost [MPa]	Odtrh. síla [N]	A/B [%]	B/Y [%]	Y/Z [%]
Tělísko 1	2	628	50	40	10
Tělísko 2	2	628	90	10	0
Průměrná hodnota	2	628			



Obr. 108 – Vzorek 3C po odtrhu a) tělísko 1, b) tělísko 2.

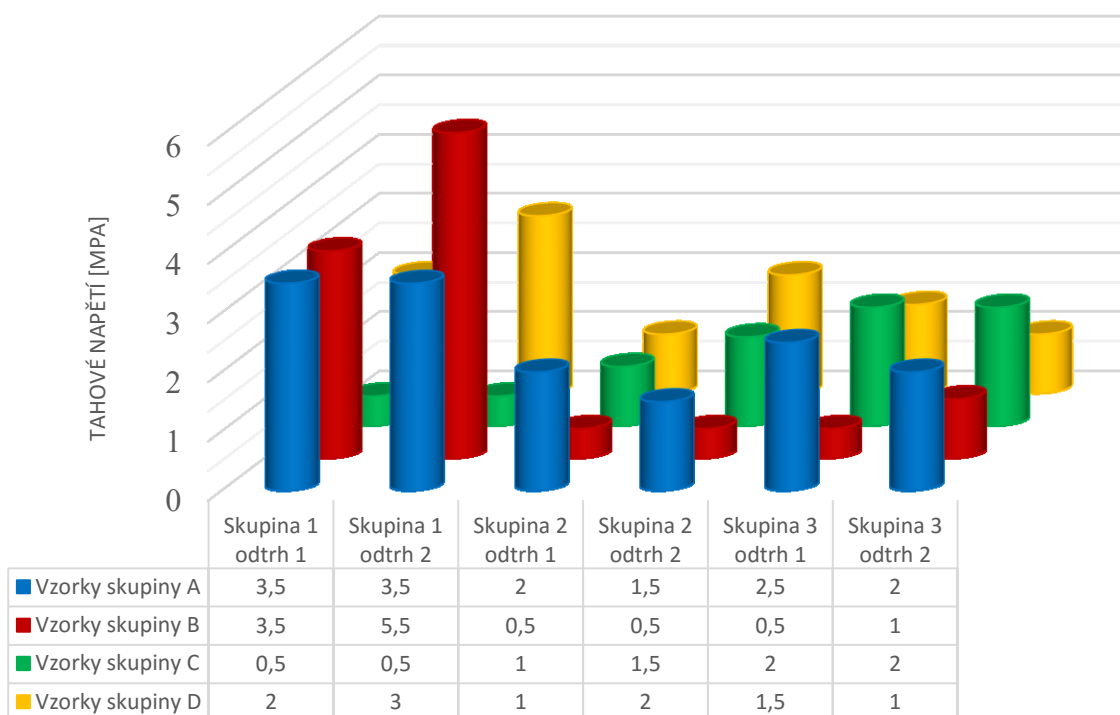
Tab. 60 – Vyhodnocení odtrhové zkoušky vzorek 3D.

Vzorek 3D					
Označení	Odtrh. pevnost [MPa]	Odtrh. síla [N]	A/B [%]	B/Y [%]	Y/Z [%]
Tělísko 1	1,5	471	50	40	10
Tělísko 2	1	314	70	30	0
Průměrná hodnota	1,25	392,5			



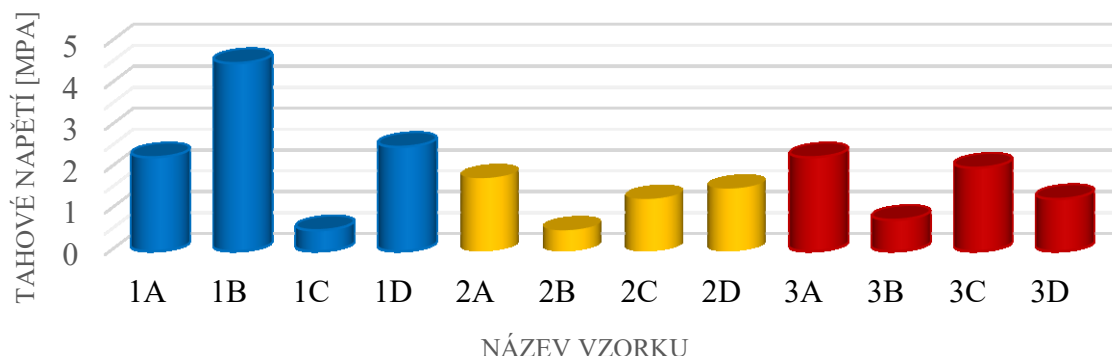
Obr. 109 – Vzorek 3D po odtrhu a) tělísko 1, b) tělísko 2.

Porovnání výsledků odtrhové zkoušky



Graf 17 – Porovnání výsledků odtrhové zkoušky.

Porovnání průměrných výsledků odtrhové zkoušky

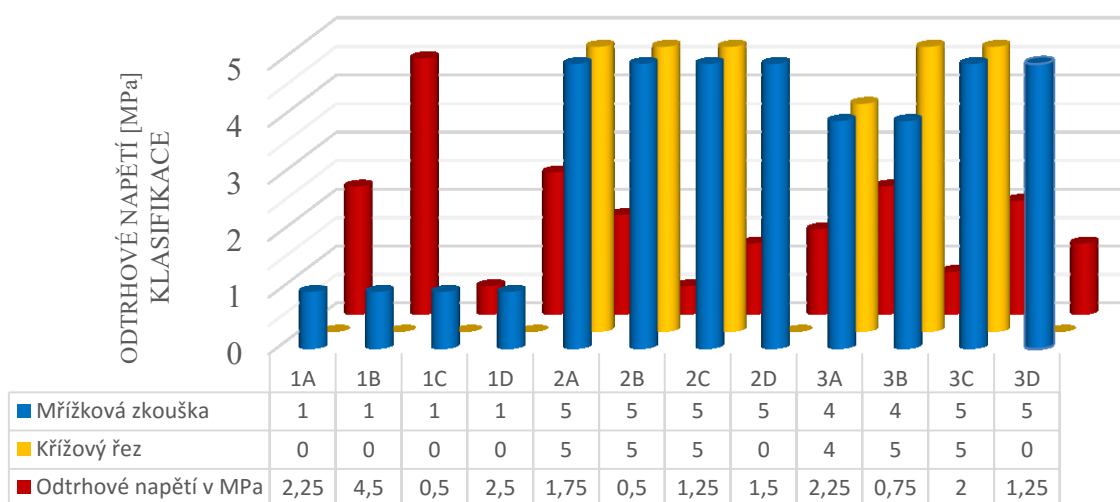
**Graf 18** – Porovnání průměrných výsledků odtrhové zkoušky.

Na žádném z měření nebyl zjištěn lom v lepidle Y/Z větší než 20% celkové plochy – maximální zjištěná hodnota byla 10% Y/Z u vzorků 3C panenka 1 a 3D panenka 1, tudíž jsou dle uvedené normy výsledky zkoušky považovány za platné.

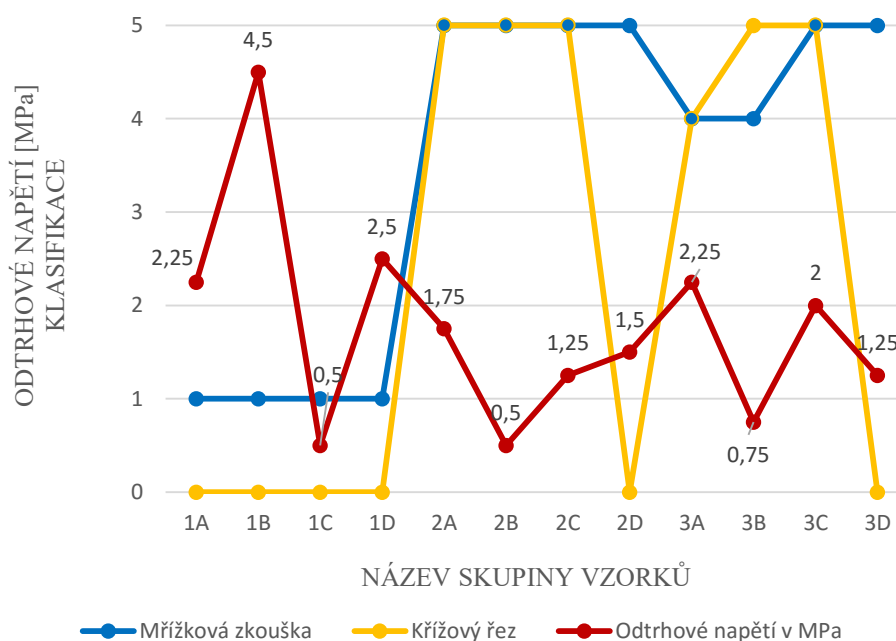
Z grafu 18 je patrné, že nejmenší přilnavost nátěru k povrchu (bylo pro odtržení potřeba nejmenší síly) mají shodně vzorky 1C a 2B a to 0,5 MPa. A přesto, lze obecně říct, že v průměru nejlepší přilnavost vykazovaly vzorky, jejichž povrch byl otryskaný (skupina 1) a nejhorší přilnavosti vzorky s válcovaným povrchem.

Poměrně stabilních průměrných hodnot odtrhové pevnosti (2,25 MPa; 1,75 MPa; 2,25 MPa) dosahovaly vzorky typu A tj. s různými typy povrchu, na něž nebyla nanесena křída. Nejvyšší hodnoty dosahoval vzorek, kde byla aplikována vysušená křída na otryskaný povrch.

Dále lze říci, že pokud je nanесen jakýkoliv typ křídý na válcovaný nebo broušený povrch, sníží se tím přilnavost nátěru. Konkrétně u válcovaného povrchu je přilnavost seřazena od nejhoršího v následujícím pořadí, je-li aplikována vysušená křída – mokrá křída – normální křída – na povrch není aplikována žádná křída. U povrchu broušeného pak je-li nanесena vysušená křída – normální křída – mokrá křída – žádná křída.



Graf 19 – Porovnání průměrných výsledků zkoušek odtrhové pevnosti včetně hodnot.



Graf 20 – Porovnání průměrných výsledků zkoušek odtrhové pevnosti.

V grafech 19 a 20 nalezneme nejhorší dosažený výsledek tak, že bude kombinací nejvyšších hodnot mřížkové zkoušky a křížového řezu avšak nejnižšího výsledku odtrhové zkoušky. Jednoznačně nejhorších výsledků přilnavosti dosahuje vzorek 2B – povrch válcovaný s nanesenou suchou křídou kde mřížková zkouška i křížový řez byly

klasifikovány stupněm 5 a odtrhová pevnost byla pouze 0,5 MPa. Následuje vzorek 2C se zkouškami také klasifikovanými jako 5 avšak s vyšší odtrhovou pevností, konkrétně 1,25 MPa, ale také vzorek 3B u něhož je sice mřížková zkouška hodnocena jako 4, ale odtrh nastal již při 0,75 MPa.

Výsledky mřížkové zkoušky a křížového řezu dosahovaly stejných klasifikačních hodnot pro všechny vzorky (A, B, C, D) skupiny 1 (mřížková zkouška 1, křížový řez 0). U skupiny 2 stejné klasifikační hodnoty u vzorků A, B, C (mřížková zkouška – 5, křížový řez – 5), ale u vzorku 2 D byl s ostatními vzorky shodný výsledek mřížkové zkoušky (5), ale křížový řez vyšel v obou měřených místech 0. Podobná situace vyvstala u skupiny 3 kdy u vzorků A, B, C se výsledky sobě blížily (mřížková zkouška A-4,B-4,C-5; křížový řez A-4, B-5, C-5), ale u vzorku 3D v obou místech měření vyšel křížový řez klasifikovaný stupněm 0 na rozdíl od mřížkové zkoušky, která byla opět hodnoty 5. Tyto dvě anomálie výsledků křížového řezu (2D, 3D) mohou být způsobeny tím, že na povrchu zkušebního místa bylo naneseno o něco menší množství křída.

Z hlediska zařazení vzorků do skupin podle přípravy povrchu, má nejlepší výsledné adhezní vlastnosti nátěr a podkladu bez ohledu na typ zakřídování povrch otryskaný. U těchto vzorků (skupina 1) jsou průměrné výsledky křížového řezu klasifikovány jako 0 a mřížkové zkoušky stupněm 1 a také nejvyšší průměrné hodnoty odtrhové síly. Oproti tomu nejhorší adhezní vlastnosti má povrch válcovaný, jehož klasifikace jsou ve všech případech mřížkové zkoušky 5 a křížového řezu 5 mimo jednu výjimku (vzorek 2D) hodnocen 0. Taktéž výsledky broušeného povrchu nevykazují uspokojivé adhezní vlastnosti.

Z hlediska seřazení vzorků do skupin podle druhu zakřídování, je vzorkem s nejlepšími dosaženými průměrnými výsledky je vzorek 1B, který je klasifikován hodnotou 0 při zkoušce křížovým řezem a 1 při mřížkové zkoušce a jeho odtrhová pevnost je 4,5 MPa. Jedná se o vzorek, na jehož otryskaný povrch byla nanesena vysušená křída.

9 ZÁVĚR

Diplomová práce se zabývá studiem vlivu prachových částic na vlastnosti tenkých povlaků. Prachové částičky se mohou dostat na povrch materiálu jak během přípravy povrchu, nanášení nátěrových hmot, tak i během schnutí nebo vypalování a poškodit tak vzhled, funkční a ochranné vlastnosti výsledného nátěru, což je nepřipustné.

Teoretická část obsahuje charakteristiku povrchu a jeho fyzikální, mechanické, chemické a geometrické vlastnosti. Rozděluje přípravu povrchu před aplikací povlaku na mechanické a chemické technologie a stručně objasňuje jejich princip. Největší důraz je zde na technologii otryskávání jakožto na velmi využívanou a rozmanitou operaci ve strojírenství. Následuje popis druhů protikorozi ochrany, stupňů korozi agresivity vnějšího prostředí (vody, půdy, atmosféry) a rozdělení koroze podle druhů. V další části je objasněno rozdělení a zařazení povrchových vrstev a povlaků s následným zaměřením na organické konkrétně na nátěrové hmoty – jejich složení, značení a způsoby aplikace. Následující kapitola pojednává o systému vzniku tenkých vrstev jejich vlastnostech, používaných materiálech a technologiích jejich vytváření. V poslední oddílu teoretické části jsou popsány vznik, druhy a vlastnosti prachu a je zde poukázáno na to, jak je prach a prašnost obecně nebezpečná a ovlivňuje nátěrový systém, ale i zdraví člověka.

Experimentální část je rozdělena do šesti hlavních částí popsaných v návrhu experimentální metodiky a u každé z nich je popis postupu. Nejprve jsem vybrala, připravila a označila a rozdělila vzorky do skupin. Jedna skupina má povrch tryskaný, druhá válcovaný a třetí broušený. Na těchto vzorcích jsem následně provedla zkoušky pro hodnocení čistoty povrchu. Jako první zkouška po změření klimatických podmínek v laboratoři byla pro zjištění prachu na povrchu vzorků, která byla na každém z nich měřena ve třech zkušebních místech kvůli jednoznačnosti výsledku. Průměrná zjištěná velikost prachových částic byla u tryskaných vzorků 1 a množství 2, u válcovaných 1 a množství 4, u broušených 1 a množství 5. Jednoznačně lze říct, že nelepší podmínky pro zakotvení povlaku má povrch otryskaný. Následovalo měření drsnosti u všech vzorků, při čemž bylo zjištěno, že největšího Ra dosahuje skupina otryskaných vzorků, což vede ke zjištění, že u této skupiny se spotřebuje nejvíce nátěrové hmoty, její aplikace bude trvat déle než u ostatních vzorků pro dosažení stejné mokré/ suché tloušťky a tudíž bude vyšší výsledná cena.

Další důležitou částí bylo zakřídování povrchu – tj. nanést na různé skupiny povrchů různé typy kříd. Každý jeden druh povrchu zůstal bez kříd a jeden každý byl exponován normální, mokrou a suchou křídou a tak vzniklo 12 rozdílných vzorků, z nichž byly vytvořeny snímky z mikroskopu při přiblížení 20x. Na takto zakřídované vzorky byla nanесena vodou ředitelná transparentní nátěrová hmota s obsahem nanočástic o mokré tloušťce nátěru blízké se 200 μm . Po změření tloušťky suchých nátěrů se tloušťky snížily až o 88,7%. V rámci skupin dělených podle přípravy povrchu jevíly výsledky minimální rozptyl. Pokud se na výsledky podíváme z hlediska typu kříd aplikované na povrch je průměrná suchá tloušťka největší u vzorků s aplikovanou normální křídou (32,46 μm).

Následovaly zkoušky odtrhové pevnosti, z nichž první byla provedena mřížková zkouška. Zde nejlepší přilnavosti tj. minimálního poškození dosáhly vzorky s otryskaným povrchem se shodným výsledkem 1 ve všech případech. Vzorky s válcovaným povrchem naopak dosahovaly ve všech případech shodně maximálního poškození (minimální přilnavosti) 5. Z pohledu typu nanесené kříd byly nejhůře klasifikovány vzorky s povrchem válcovaným a broušeným, na které byla nanесena mokrá křída. V těchto případech byl stržen nátěr nejen v místě mřížky, ale jako pruh v celé šíři pásy.

Další provedená byla zkouška křížovým řezem, kde vzorky s otryskaným povrchem opět vykazovaly vynikající přilnavost nátěru (0) pro všechny typy kříd. Vynikající přilnavosti dosáhly všechny vzorky, na jejichž povrch byla aplikována normální křída. Nejhorších výsledků při této zkoušce vykazoval povrch válcovaný, kde kromě vzorku s normální křídou měly ostatní minimální přilnavost (5), kdy se nátěr odtrhl a zabíral většinovou plochu pásy. Křída, která způsobovala nejhorší přilnavost, se při této zkoušce jeví jako vysušená, kdy vzorky tímto typem jak na povrchu válcovaném tak broušeném se odloupl v celé šíři pásy.

Jako poslední byla klasifikována zkouška odtrhová, kde byla naměřena průměrně největší síla nutná k odtrhu (nejlepší přilnavost) opět u vzorků s povrchem otryskaným a nejmenší u vzorků s válcovaným povrchem seřazených od nejhoršího je-li aplikována křída vysušená – mokrá – normální – žádná. Pro broušený platí řazení vysušená – normální – mokrá – žádná.

Závěrem lze říci, že z hlediska zařazení vzorků do skupin podle přípravy povrchu, má nejlepší výsledné adhezní vlastnosti nátěru a podkladu bez ohledu na typ zakřídování povrch otryskaný. Oproti tomu nejhorší adhezní vlastnosti má povrch válcovaný. Z hlediska zařazení vzorků do skupin podle typu aplikované křída, mají nejlepší výsledné adhezní vlastnosti povrchy, na něž byla nanесena normální křída. Oproti tomu nejhorší vliv měla na výsledky zkoušek křída vysušená. Komplexně hodnocený vzorek jako nejhorší je ten, jehož povrch je válcovaný s nanесenou suchou křídou (2B) - má veškeré zkoušky klasifikovány jako nejhorší měřitelnou přilnavost (5; 5; 0,5 MPa) nátěru k podkladu.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] MOHYLA, M. *Technologie povrchových úprav kovů*. Učební texty VŠB-TU Ostrava, 2006. 3. vydání. 156 s. ISBN 80-248-1217-7.
- [2] BROCK, T., GROTEKLAES, M., MISCHKE, P.: *European Coating Handbook*. Vincentz Verlag, Hannover, Germany, 2000. 410 s. ISBN 3-87870-559-X.
- [3] BARDAL, E.: *Corrosion and Protection*. Springer – Verlag London Limited, 2004. 315 s. ISBN 1-85233-758-3.
- [4] ČSN EN ISO 12 944. *Protikorozi ochrana ocelových konstrukcí ochrannými nátěrovými systémy*. Český normalizační institut, 1998, 1999, 2008.
- [5] NEVĚČNÝ, Petr. Stupně přípravy ocelového podkladu dle ČSN ISO 8501-1 a podobných norem. *Povrchové úpravy: Odborný časopis pro průmysl, stavebnictví a řemeslníky* [online]. Press Agency, 2012, **2012**(02), 2-5 [cit. 2016-01-21]. Dostupné z: http://www.povrchoveupravy.cz/PDF/Nevecny_PU2.pdf
- [6] KRAUS, Václav. *Povrchy a jejich úpravy*. 1. vyd. Plzeň: Západočeská univerzita, 2000, 216 s. ISBN 80-708-2668-1.
- [7] PODJUKLOVÁ, J. *Speciální technologie povrchových úprav I*. Učební texty, VŠB – TU Ostrava, 1994, 1. vydání, 71s., ISBN 80-7078-235-8
- [8] TICHÁ, Šárka a Jaromír ADAMEC. *Návody do cvičení z předmětu Strojírenská metrologie*. 1. vyd. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2008, 89 s. ISBN 978-80-248-1916-7.
- [9] SOBOTOVÁ, Jana, Elena ČIŽMÁROVÁ, Jakub HORNÍK a Zdeňka JENÍKOVÁ. *Nauka o materiálu I. a II.: Cvičení*. 1. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2014, 103 s. ISBN 978-80-01-05550-2.
- [10] BARTOVSKÁ Ludmila a Marie ŠÍŠKOVÁ. *Fyzikální chemie povrchů a koloidních soustav* [online]. Version 1.0. Praha : VŠCHT Praha, 2005 [cit. 2016-

- 01-26]. Available from www: <http://vydavatelstvi.vscht.cz/knihy/uid_isbn-80-7080-579-X/pages-img/>. ISBN 80-7080-579-X
- [11] RICHTER, Miroslav. *Úvod do průmyslových technologií*. Ústí nad Labem, 2012. Univerzita Jana Evangelisty Purkyně v Ústí nad Labem Fakulta životního prostředí.
- [12] PODJUKLOVÁ, Jitka, Kamila HRABOVSKÁ, Karla BARČOVÁ a Ivo ŠTĚPÁNEK. *Nové obzory v poznání vlastností sklokeramických smaltovaných povlaků*. 1. vyd. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2010, 135 s. ISBN 978-80-248-2339-3.
- [13] ČSN ISO 8502-3. *Příprava ocelových podkladů před nanesením nátěrových hmot a obdobných výrobků. Zkoušky pro vyhodnocení čistoty povrchu.: Část 3: Stanovení prachu na ocelovém povrchu připraveném pro natírání (metoda snímání samolepicí páskou)*. Praha: Český normalizační institut, 1999.
- [14] ČSN EN ISO 4287. *Geometrické požadavky na výrobky (GPS) - Struktura povrchu: Profilová metoda - Termíny, definice a parametry struktury povrchu*. Praha: Český normalizační institut, 1999.
- [15] ČSN EN ISO 2808. *Nátěrové hmoty: Stanovení tloušťky nátěru*. Praha: Český normalizační institut, 2007.
- [16] ČSN EN ISO 16276-1. *Ochrana ocelových konstrukcí proti korozi ochrannými nátěrovými systémy - Hodnocení a kritéria přijetí, adheze/koheze (odtrhová pevnost) povlaku - Část 1: Odtrhová zkouška*. Praha: Český normalizační institut, 2008.
- [17] ČSN EN ISO 16276-2. *Ochrana ocelových konstrukcí proti korozi ochrannými nátěrovými systémy - Hodnocení a kritéria přijetí, adheze/koheze (odtrhová pevnost) povlaku: Část 2: Mřížková zkouška a křížový řez*. Praha: Český normalizační institut, 2008.
- [18] ČSN EN ISO 2409. *Nátěrové hmoty: Mřížková zkouška*. Praha: Český normalizační institut, 2013.

- [19] ČSN EN ISO 4624. *Nátěrové hmoty: Odtrhová zkouška přilnavosti*. Praha: Český normalizační institut, 2003.
- [20] Pohltivost. *Nové technologie - výzkumné centrum: Západočeské univerzity v Plzni* [online]. Plzeň, 2015 [cit. 2016-01-25]. Dostupné z: <http://ttp.zcu.cz/cz/laboratore/opticke-vlastnosti/opticke-vlastnosti/pohltivost>
- [21] Propustnost. *Nové technologie - výzkumné centrum: Západočeské univerzity v Plzni* [online]. Plzeň, 2015 [cit. 2016-01-25]. Dostupné z: <http://ttp.zcu.cz/cz/laboratore/opticke-vlastnosti/opticke-vlastnosti/propustnost>
- [22] Katedra strojírenské technologie technické univerzity v Liberci: *Povrchy povlaků* [online] 2010[cit. 2011-04-20] <http://www.wksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/stud_materialy/spt/povrchy%20povlaku.pdf
- [23] Válečkování povrchu kovových výrobků. *Octopus Tools* [online]. 2008 [cit. 2016-01-22]. Dostupné z: http://www.octopustools.com/Valeckovani/info_valeckovani.php
- [24] Kartáč. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, ©2001- [cit. 2016-01-21]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Kart%C3%A1%C4%8D>
- [25] Tryskací materiály: Ocelový granulát. PKIT Praha [online]. ©2003-2013 [cit. 2016-01-21]. Dostupné z: <http://www.pkit.cz/cs/ocelovy-granulat-1/>
- [26] Tryskací materiály: Ocelová drť. *PKIT Praha* [online]. ©2003-2013 [cit. 2016-01-21]. Dostupné z: <http://www.pkit.cz/cs/ocelova-drt/>
- [27] Ocelové kuličky (broky, granulát): Ocelový granulát S170. *Abranova* [online]. Postoloprty [cit. 2016-01-21]. Dostupné z: <http://www.abranova-eshop.cz/ocelove-kulicky/69567>
- [28] Ocelový sekáný drát. *Comprex* [online]. ©2008 [cit. 2016-01-21]. Dostupné z: <http://www.comprexcz.cz/tryskaci-materialy/ocelovy-sekany-drot.html>

- [29] Ocelová drť. *Comprex* [online]. ©2008 [cit. 2016-01-21]. Dostupné z: <http://www.comprexcz.cz/tryskaci-materialy/ocelova-drt.html>
- [30] Nerezový granulát. *Comprex* [online]. ©2008 [cit. 2016-01-21]. Dostupné z: <http://www.comprexcz.cz/tryskaci-materialy/nerezovy-granulat/nerezovy-granulat/nerez-granulat.html>
- [31] Nerezový granulát stelux c. *Allbiz: Mezinárodní centrum internetového obchodu* [online]. ©2010-2016 [cit. 2016-01-21]. Dostupné z: <http://www.cz.all.biz/nerezovy-granulat-stelux-c-g4712#.VqCnVCrhDDd>
- [32] Litinová drť. *Comprex* [online]. ©2008 [cit. 2016-01-21]. Dostupné z: <http://www.comprexcz.cz/tryskaci-materialy/liatinove-tryskacie-materialy/liatinova-drt/litinova-drt.html>
- [33] Litinové drtě. *I.D.D. abrasive s.r.o.: Výroba ocelových a litinových granulátů a drtí* [online]. Praha, ©2015 [cit. 2016-01-21]. Dostupné z: http://www.tryskaci-material.cz/litina_drt.html
- [34] Litinový granulát. *Comprex* [online]. ©2008 [cit. 2016-01-21]. Dostupné z: <http://www.comprexcz.cz/tryskaci-materialy/liatinove-tryskacie-materialy/liatinovy-granulat.html>
- [35] Litinové granuláty. *Abrasive: IKB Slévárna* [online]. Písečná, ©2007 [cit. 2016-01-21]. Dostupné z: http://www.abrasive.cz/index.php?hash=04260ceeaaf272635ae5b410655efc9a&sent=4&ID_zaznamy=0&show=11
- [36] Karbid křemíku. *Comprex* [online]. ©2008 [cit. 2016-01-21]. Dostupné z: <http://www.comprexcz.cz/tryskaci-materialy/karbid-kremiku.html>
- [37] Měděný sekaný drát. *Comprex* [online]. ©2008 [cit. 2016-01-21]. Dostupné z: <http://www.comprexcz.cz/tryskaci-materialy/medeny-sekany-drat.html>
- [38] Balotina. *Comprex* [online]. ©2008 [cit. 2016-01-21]. Dostupné z: <http://www.comprexcz.cz/tryskaci-materialy/balotina.html>

- [39] Tryskací materiály: balotina. *PKIT Praha* [online]. Praha, ©2003-2013 [cit. 2016-01-21]. Dostupné z: <http://www.pkit.cz/cs/balotina-1/>
- [40] Tryskací materiály a zařízení: Balotina. *Comprex* [online]. ©2008 [cit. 2016-01-21]. Dostupné z: <http://www.comprexcz.cz/tryskaci-materialy>
- [41] Korund hnědý. *Comprex* [online]. ©2008 [cit. 2016-01-21]. Dostupné z: <http://www.comprexcz.cz/tryskaci-materialy/korund-hnedy.html>
- [42] Abrazivo korund hnědý F 010 - pytel (25 kg). *Wista: Kvalitou na povrch* [online]. Zlín [cit. 2016-01-21]. Dostupné z: <http://www.tryskani-lakovani-metalizace.cz/abrazivo-korund-hnedy-f-10-pytel-25-kg>
- [43] Duroplast. *Comprex* [online]. ©2008 [cit. 2016-01-21]. Dostupné z: <http://www.comprexcz.cz/tryskaci-materialy/duroplast>
- [44] Abrazivo plastické Duroplast 0,2-0,6mm - pytel (25 Kg). *Wista: Kvalitou na povrch* [online]. Zlín [cit. 2016-01-21]. Dostupné z: <http://www.tryskani-lakovani-metalizace.cz/abrazivo-plasticke-duroplast-02-06mm-pytel-25-kg>
- [45] Abrazivo vysokopecní struska, zrnitost 0,4-1,4mm - big bag (1 000 kg). *Wista: Kvalitou na povrch* [online]. Zlín [cit. 2016-01-21]. Dostupné z: <http://www.tryskani-lakovani-metalizace.cz/abrazivo-vysokopecni-struska-zrnitost-04-14mm-big-bag-1-000-ks>
- [46] Ořechové skořápky. *Comprex* [online]. ©2008 [cit. 2016-01-21]. Dostupné z: <http://www.comprexcz.cz/tryskaci-materialy/orechove-skorapky.html>
- [47] Zirblast. *Comprex* [online]. ©2008 [cit. 2016-01-21]. Dostupné z: <http://www.comprexcz.cz/tryskaci-materialy/zirblast.html>
- [48] Tryskací materiály: Zirblast - keramické abrazivo. *Comprex* [online]. ©2008 [cit. 2016-01-21]. Dostupné z: <http://www.comprexcz.cz/tryskaci-materialy>

- [49] Drátěné kartáče: Kartáče drátěné 170mm 3ks TO-06963 VOREL. *BmShop* [online]. ©2010-2016 [cit. 2016-01-21]. Dostupné z: <http://www.bmshop.eu/kartace-dratene-170mm-3ks-to-06963-vorel/>
- [50] Kartáče drátěné: Sada kartáčů drátěných 25,50mm do vrtačky 3ks TO-06989 VOREL. *BmShop* [online]. ©2010-2016 [cit. 2016-01-21]. Dostupné z: <http://www.bmshop.eu/sada-kartacu-dratenych-25-50mm-do-vrtacky-3ks-to-06989-vorel/>
- [51] Kartáče drátěné: Sada kartáčů drátěných do vrtačky 5ks ocelové EXTOL CRAFT. *BmShop* [online]. ©2010-2016 [cit. 2016-01-21]. Dostupné z: <http://www.bmshop.eu/sada-kartacu-dratenych-do-vrtacky-5ks-ocelove-extol-craft/>
- [52] Válečkování povrchu kovových výrobků: Vnitřní nástroj multiroll. *Octopus Tools* [online]. ©2008 [cit. 2016-01-22]. Dostupné z: <http://www.octopustools.com/Valeckovani/me-me-valeckovani.php>
- [53] Válečkování povrchu kovových výrobků: Vnější nástroj s diamantem. *Octopus Tools* [online]. ©2008 [cit. 2016-01-22]. Dostupné z: <http://www.octopustools.com/Valeckovani/me-me-valeckovani.php>
- [54] Příslušenství MMA-MIG-MAG-TIG: Oklepávací kladivo. *GÜDE: Prodej nářadí, strojů a vybavení dílen* [online]. Karlovy Vary, 2016 [cit. 2016-01-22]. Dostupné z: <http://guede.cz/Sv%C3%A1%C5%99e%C4%8Dky/P%C5%99%C3%ADslu%C5%A1enstv%C3%AD%20MMA-MIG-MAG-TIG/41129-Oklep%C3%A1vac%C3%AD%20kladivo>
- [55] Pneumatické odstruskovací kladivo HCB. *Weldis: Svařovací materiály* [online]. Vamberk, 2010 [cit. 2016-01-22]. Dostupné z: <http://www.weldis.cz/prislusenstvi/nastroje-doplanky/pneumaticke-odstruskovaci-kladivo-hcb.html>
- [56] Pasty leštící a brusné. *BRULEKO: Tradiční český výrobce brusných a leštících kotoučů* [online]. Ivančice [cit. 2016-01-22]. Dostupné z: <http://www.bruleko.cz/pasty.php>

- [57] Lešticí kotouče. *Flobb: Vše pro řemeslníky* [online]. Kutná Hora [cit. 2016-01-22]. Dostupné z: <http://www.flobb.cz/en/23-kotouce-letici>
- [58] Broušení otvorů. *DiaPraha: Diamantové nástroje a brusivo* [online]. Praha [cit. 2016-01-22]. Dostupné z: <http://www.diamantovekotouce.cz/brouseni-otvoru/c-1416/>
- [59] Makita Brusné pásy 3 kusy 76x457 K40,80,120. *Nářadí profi* [online]. [cit. 2016-01-22]. Dostupné z: <http://www.naradiprofi.cz/makita-brusne-pasy-3-kusy-76x457-k40-80-120-2919.html>
- [60] Brusné hlavy a vyměnitelné kartáče do brusných hlav. *MicronPlus* [online]. 2013 [cit. 2016-01-22]. Dostupné z: <http://www.micronplus.cz/brusne-hlavy-a-vymenitelne-kartace-do-brusnych-hlav>
- [61] Omílání jako univerzální metoda pro úpravu povrchů. *MM průmyslové spektrum: Strojírenský měsíčník přinášející aktuální technické informace z tuzemska i ze zahraničí* [online]. 2002, **2002**(5), 32 [cit. 2016-01-22]. DOI: 020535. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/omilani-jako-univerzalni-metoda-pro-upravu-povrchu.html>
- [62] COUFAL, M. Návrh konstrukce omílacího stroje. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2014. 94 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Miloš Synek.
- [63] Moření a pasivace legovaných antikoročních ocelí. *FK system: Povrchové úpravy, antikoroční ochrana* [online]. Brno, ©2009-2013 [cit. 2016-01-24]. Dostupné z: <http://www.fksystem.cz/povrchove-upravy/moreni-pasivace-legovanych-oceli>
- [64] Moření a pasivace nerezí. *ACO Industries* [online]. [cit. 2016-01-24]. Dostupné z: <http://www.aco-industries.cz/co-delame/kooperace/moreni-a-pasivace-nerezí/>
- [65] Ultrazvuková vana. *Summa: Čistota a ekologie je naše práce* [online]. Šumperk, 2007 [cit. 2016-01-24]. Dostupné z: <http://www.summa.cz/?trade/vyrobní->

program/zarizeni-ultrazvukova/Ultrazvukov%C3%A1%20vana/mm-149/sm-172/si-3370

- [66] WIR/G BOX: komorový postřikový stroj. *Summa: Čistota a ekologie je naše práce* [online]. Šumperk, 2007 [cit. 2016-01-24]. Dostupné z: <http://www.summa.cz/?trade/vyrobní-program/zarizeni-bubnova/WIR%20G/BOX/mm-149/sm-171/si-413>
- [67] Linky pro předpovrchovou úpravu, odmašťovací a oplachové vany. *Evropská databanka* [online]. [cit. 2016-01-24]. Dostupné z: <http://nabidky.edb.cz/Nabidka-13899-Linky-pro-predpovrchovou-upravu-odmastovaci-a-oplachove-vany>
- [68] Adsorpce. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2016-01-24]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Adsorpce>
- [69] Předúprava ocelových povrchů. *CHEDO: Barvy pro celý rok* [online]. [cit. 2016-01-24]. Dostupné z: <http://www.chedo.cz/kat/Preduprava--ocelovych---povrchu-440/>
- [70] STRAKA, M. *Studium povrchu substrátu pro kontakt s tenkými povlaky*. Ostrava: katedra mechanické technologie, Fakulta strojní VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2009, 56 s. Bakalářská práce, vedoucí doc. Ing. Jitka Podjuklová, CSc.
- [71] Odrazivost. *Nové technologie - výzkumné centrum: Západočeské univerzity v Plzni* [online]. Plzeň, 2015 [cit. 2016-01-25]. Dostupné z: <http://tpt.zcu.cz/cz/laboratore/opticke-vlastnosti/opticke-vlastnosti/odrazivost>
- [72] Zkouška tvrdosti podle Brinella. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2016-01-25]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Zkou%C5%A1ka_tvrdosti_podle_Brinella
- [73] Zkouška tvrdosti podle Vickerse. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2016-01-25]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Zkou%C5%A1ka_tvrdosti_podle_Vickerse

- [74] Měření tvrdosti. *Vítkovice: Vítkovice cylinders* [online]. Ostrava, 2009 [cit. 2016-01-25]. Dostupné z: <http://brtnik5.vitkovice.cz/13/cs/node/1100>
- [75] Tepelné zpracování a slinování - cvičení: Vnitřní pnutí. *Fakulta strojní západočeské univerzity v Plzni: Katedra materiálu a strojírenské metalurgie* [online]. Plzeň, ©1991-2016 [cit. 2016-01-25]. Dostupné z: <http://tzs.kmm.zcu.cz/pnuti.pdf>
- [76] Zemská atmosféra a její složení. *Euromarina* [online]. Ostrava, 2010 [cit. 2016-01-26]. Dostupné z: <http://www.euromarina.cz/pocasi/meteorologie/atmosfera.htm>
- [77] Poléťavý prach PM10, PM2,5, PM1,0. *Čisté nebe: Chceme lepší ovzduší* [online]. Ostrava [cit. 2016-01-26]. Dostupné z: <http://www.cistenebe.cz/stav-ovzdusi-na-ostravsku/slovnicek-pojmu/13-poletavy->
- [78] Poléťavý prach – neviditelná hrozba. *Hluk & Emise* [online]. 2007 [cit. 2016-01-26]. Dostupné z: <http://hluk.eps.cz/hluk/emise/poletavy-prach-%E2%80%93-neviditelna-hrozba/>
- [79] Znečištění venkovního ovzduší prachem (prašný aerosol PM10). *Krajská hygienická stanice Moravskoslezského kraje se sídlem v Ostravě* [online]. Ostrava, 2007 [cit. 2016-01-26]. Dostupné z: http://www.khsova.cz/01_aktuality/znecesteni_ovzdusi_prachem_2008.php?datum=2008-12-17
- [80] Znečišťující látky v ovzduší a jejich škodlivost I.: SO₂, NO_x, PM₁₀, PM_{2,5}, PM₁. *Ekologické centrum Most* [online]. Most, 2013 [cit. 2016-01-26]. Dostupné z: http://www.ecmost.cz/clanky.php?page=znecestujici_latky
- [81] Prašnost na pracovišti. *Státní zdravotní ústav* [online]. 2007 [cit. 2016-1-26]. Dostupné z: <http://www.szu.cz/tema/pracovni-prostredi/prasnost-na-pracovisti-1>
- [82] Pevné částice. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2016-01-26]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Pevn%C3%A9_%C4%8D%C3%A1stice

- [83] Proti smogu a imisím nebezpečných látek v ovzduší. *FN NANO* [online]. 2015 [cit. 2016-01-26]. Dostupné z: <http://www.fn-nano.com/prakticke-pouziti/proti-smogu-a-znecistení-ovzdusi/>
- [84] Ultrajemné částice. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2016-01-26]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Ultrajemn%C3%A9_%C4%8D%C3%A1stice
- [85] Dopady znečištění ovzduší na zdraví. *Čistý komín* [online]. Ostrava: Čisté nebe o.p.s., 2013 [cit. 2016-01-27]. Dostupné z: <http://www.cisty-komin.cz/zdravotni-dopady.html>
- [86] Informace o kvalitě ovzduší v ČR: Informace o úrovni znečištění ovzduší ve smyslu zákona o ochraně ovzduší Aktuální přehled dat z automatizovaných stanic (neverifikovaná data). *Český hydrometeorologický ústav* [online]. 2016 [cit. 2016-01-27]. Dostupné z: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/web_generator/actual_hour_map_CZ.html
- [87] Mapa denních koncentrací PM10 v ČR 21.3.2015. *MB-eko: Nezávislé stránky o životním prostředí a udržitelném žití na Mladoboleslavsku* [online]. 2015 [cit. 2016-01-27]. Dostupné z: <http://www.mb-eko.cz/hlavni/obrazek/mapa-dennich-koncentraci-pm10-v-cr-2132015-zdroj-chmu>
- [88] Index kvality ovzduší - IKO. *Centrum pro otázky životního prostředí UK* [online]. 2003 [cit. 2016-01-27]. Dostupné z: <https://www.czp.cuni.cz/Vzdel/Petram/prispevky/IKO.htm>
- [89] ČSN EN ISO 9227. *Korozní zkoušky v umělých atmosférách: Zkoušky solnou mlhou*. Praha: Český normalizační institut, 2012.
- [90] Dočasná ochrana. *Ekologie materiálů a procesů: Lekce z minulých semestrů* [online]. Praha: ČVUT, 2015 [cit. 2016-01-29]. Dostupné z: <http://martin.feld.cvut.cz/~kudlacek/ETP/docasna.pdf>

- [91] PAVLÍK, Zdeněk. *Učební text pro obor Malíř a lakýrník 3. ročník*. 1. Brno: Střední škola polytechnická, 2015. ISBN 978-80-88058-50-2.
- [92] Barevné odstíny podle evropské normy: Vzorník barev ke stažení. *IReceptář: Nový tip na každý den* [online]. 2016 [cit. 2016-01-30]. Dostupné z: <http://www.ireceptar.cz/res/data/055/006669.pdf>
- [93] *Učební text pro obor Malíř a lakýrník: 2. ročník* [online]. 1. Brno: Střední škola polytechnická, 2009 [cit. 2016-01-31]. ISBN 978-80-88058-47-2. Dostupné z: <https://publi.cz/books/172/09.html>
- [94] Příručka k řešení problémů. *Spieshecker* [online]. Praha [cit. 2016-02-01]. Dostupné z: http://stekly.wz.cz/texty/vady_laku.pdf
- [95] Standothek: Vady lakování a jak se jich vyvarovat. *Servind* [online]. Tuchoměřice, 2016 [cit. 2016-02-01]. Dostupné z: http://www.servind.cz/media/document/standothek_vady_lakovani_nahled.pdf
- [96] Tenké vrstvy. *Oddělení povrchového inženýrství: Fakulta strojní, Západočeská univerzita v Plzni* [online]. Plzeň [cit. 2016-02-02]. Dostupné z: http://www.ateam.zcu.cz/tenke_vrstvy_sma.pdf
- [97] Mikroelektronika a technologie součástek (BMTS): Přednáška 03. *Doc. Ing. Ivan Szendiuch, CSc.: Ústav Mikroelektroniky, FEKT, VUT v Brně* [online]. Brno, 2016 [cit. 2016-02-02]. Dostupné z: [http://www.umel.feec.vutbr.cz/~szend/vyuka/bmts/2012-03A-TV+HIO\(Bc\).pdf](http://www.umel.feec.vutbr.cz/~szend/vyuka/bmts/2012-03A-TV+HIO(Bc).pdf)
- [98] *Úloha č.9: Vytváření tenkých vrstev ve vakuu* [online]. Praha, 2009 [cit. 2016-02-02]. Dostupné z: http://martin.feld.cvut.cz/~koblizek/X13TEP_soubory/uloha_9.pdf
- [99] Technologie a vlastnosti tenkých vrstev, tenkovrstvé senzory: Technologie CVD, PVD, PECVD, MOVPE, MBE, coating technologie (spin-, spray-, dip-). *Fakulta chemicko-inženýrská: VŠCHT Praha* [online]. Praha, 2014 [cit. 2016-02-02].

Dostupné z: https://fchi.vscht.cz/files/uzel/0010359/05_TechnologieCVD_+PVD_PECVD_MOVPE_MBE.pdf

- [100] Analýza napětí a vznik trhlin v tvrdých velmi tenkých povlacích. *Ústav konstruování: Fakulta strojního inženýrství, Vysoké učení technické v Brně* [online]. Brno, 2016 [cit. 2016-02-02]. Dostupné z: http://dl.uk.fme.vutbr.cz/zobraz_soubor.php?id=645
- [101] Technologická laboratoř MOVPE - příprava polovodičových struktur z organokovových sloučenin. *Fyzikální ústav Akademie věd ČR* [online]. Praha, ©2008-2014 [cit. 2016-02-03]. Dostupné z: <http://www.fzu.cz/~movpe/>
- [102] Vývojové trendy v použití ochranných povlaků. *NANOCON* [online]. Rožnov pod Radhoštěm, 2009 [cit. 2016-02-03]. Dostupné z: http://konsys-t.tanger.cz/files/proceedings/nanocon_09/Lists/Papers/089.pdf
- [103] Nanotechnologie v automobilovém průmyslu. *MM průmyslové spektrum: Strojírenský měsíčník přinášející aktuální technické informace z tuzemska i ze zahraničí* [online]. 2006 [cit. 2016-02-03]. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/nanotechnologie-v-automobilovem-prumyslu.html>
- [104] BARABASZOVÁ, Karla. Kapitola I:Nanotechnologie a nanomateriály pro dopravu: (ČÁST 1). *Investice do rozvoje vzdělávání: Modul - CN5 - Nanotechnologie* [online]. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2009 [cit. 2016-02-03]. Dostupné z: <http://projekt150.ha-vel.cz/node/132>
- [105] GODNJAVEC, J. a J. PILKA. Nanotechnologie je více než výkřik módy. *Povrchové úpravy: Odborný časopis pro průmysl, stavebnictví a řemeslníky* [online]. Praha: PRESS AGENCY, 2010, **2010**(2) [cit. 2016-02-06]. ISSN 0551-7354. Dostupné z: <http://www.povrchoveupravy.cz/2010-02-clanek02.html>
- [106] SEDLÁK, Jakub. *Mikrovlnná systéza ZnO částic* [online]. Zlín, 2008 [cit. 2016-02-06]. Dostupné z: <http://digilib.k.utb.cz/bitstream/handle/10563/6167/>

sedl%C3%A1k_2008_bp.pdf?sequence=1. Bakalářská práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Vedoucí práce Ivo Kuřitka.

- [107] HRUBÝ, František. *Povrchová úprava pro 3. ročník středních průmyslových škol hutnických obor 032-02/2: učební text*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1962, 97 s. Učební texty odborných škol.
- [108] ČSN EN ISO 8044. *Koroze kovů a slitin: Základní termíny a definice*. 1. Praha: Český normalizační institut, 1999.
- [109] MOHYLA, Miroslav. *Fyzikální metalurgie a mezní stavy materiálu*. 1. vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská, 1983, 264 s.
- [110] ČSN EN ISO 9223. *Koroze kovů a slitin - Korozní agresivita atmosféry: Klasifikace, stanovení a odhad*. Praha: Český normalizační institut, 2012.
- [111] VIII. Koroze. *Ústav procesní a zpracovatelské techniky U 12118: České vysoké učení technické v Praze Fakulta strojní* [online]. Praha, 2008 [cit. 2016-02-09]. Dostupné z: http://www1.fs.cvut.cz/cz/U218/pedagog/predmety/1rocnik/chemie1r/prednes/Ch_predn13-Ko.pdf
- [112] Anorganické povlaky. *Ekologie materiálů a procesů* [online]. Praha: ČVUT, 2015 [cit.2016-04-25]. Dostupné z: <http://martin.feld.cvut.cz/~kudlacek/ETP/apovlaky.pdf>

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 – Schéma fyzikální adsorpce	13
Obr. 2 – Schéma chemisorpce	13
Obr. 3 – Schéma inkorporace	13
Obr. 4 – Schéma absorpce	14
Obr. 5 – Schéma propustnosti	14
Obr. 6 – Schéma pohltivosti	14
Obr. 7 – Schéma odrazivosti	15
Obr. 8 – Zkouška tvrdosti dle a) Brinella b) Vickerse c) Rockwella	16
Obr. 9 – Schéma geometrie povrchu	17
Obr. 10 – Schéma drsnosti povrchu	17
Obr. 11 – Stupně čistoty povrchu po tryskání	18
Obr. 12 – Ocelový granulát	19
Obr. 13 – Ocelová drť	19
Obr. 14 – Ocelový sekaný drát	20
Obr. 15 – Nerezový granulát	20
Obr. 16 – Litinová drť	20
Obr. 17 – Litinový granulát	20
Obr. 18 – Karbid křemíku	21
Obr. 19 – Měděný sekaný drát	21
Obr. 20 – Balotina	21
Obr. 21 – Korund	22
Obr. 22 – Duroplast	22
Obr. 23 – Struska	22
Obr. 24 – Skořápky ořechů	23
Obr. 25 – Zirblast	23
Obr. 26 – Keramická, plastová brousící a leštící tělíska	24
Obr. 27 – Ruční kartáč s vlákny a) mosaznými, b) ocelovými, c) nylonovými	25
Obr. 28 – Strojní drátěný mosazný kartáč	25
Obr. 29 – Strojní drátěný ocelový kartáč	25
Obr. 30 – Keramická, plastová brousící a leštící tělíska	26
Obr. 31 – Brusné pásy	26
Obr. 32 – Brusná hlava	26
Obr. 33 – Leštící kotouče	27
Obr. 34 – Leštící pasty	27

Obr. 35 – Kladivo ruční pro oklepávání	28
Obr. 36 – Kladivo pneumatické pro oklepávání	28
Obr. 37 – Nástroj pro vnitřní válečkování	29
Obr. 38 – Nástroj pro vnější válečkování	29
Obr. 39 – Odmašťování ponorem	30
Obr. 40 – Odmašťování tlakovým postřikem	30
Obr. 41 – Odmašťování – ultrazvuková vana	30
Obr. 42 – Mořicí lázeň	31
Obr. 43 – Prostředky pro moření postřikem a pastou	31
Obr. 44 – Konstrukční úprava	33
Obr. 45 – Příklad používaných štětců	46
Obr. 46 – Princip nanášení NH navalováním	47
Obr. 47 – Princip nanášení NH namáčením	47
Obr. 48 – Možnosti nanášení NH pneumatickým stříkáním, systém: 1) nasávací, 2) spádový, 3) tlakový	48
Obr. 49 – Schéma aplikace NH vysokotlakým stříkáním	48
Obr. 50 – Schéma aplikace NH v elektrickém poli	49
Obr. 51 – Schéma aplikace NH stříkáním v el. Poli: kabina 1) průběžná, 2) kruhová	49
Obr. 52 – Porovnání velikosti lidského vlasu a tenké vrstvy	51
Obr. 53 – Systém substrát-tenký povlak	51
Obr. 54 – Růst tenkých vrstev	52
Obr. 55 – Vlastnosti vrstev	53
Obr. 56 – Physical Vapour Deposition	54
Obr. 57 – Princip vzniku povlaku metodou PVD a) naprašování, b) napařování	54
Obr. 58 – Chemical Vapour Deposition	55
Obr. 59 – Princip vzniku povlaku metodou CVD	55
Obr. 60 – Lotosový efekt	57
Obr. 61 – Velikost prachových částic	60
Obr. 62 – Dopady na zdraví člověka	62
Obr. 63 – Index kvality ovzduší	63
Obr. 64 – Mapa koncentrací PM ₁₀	63
Obr. 65 – Nečistoty a prach ve vrchním nátěru	64
Obr. 66 – Nečistoty a prach v základním nátěru	65
Obr. 67 – Železniční prach a průmyslové nečistoty	65
Obr. 68 – Vápenný, cementový prach	65

Obr. 69 – Multibruska Bosch PSM Primo	67
Obr. 70 – Vzorek skupiny 1 zvětšeno 100x a) povrch, b) příčný řez.	68
Obr. 71 – Vzorek skupiny 2 zvětšeno 100x a) povrch, b) příčný řez.	68
Obr. 72 – Vzorek skupiny 3 zvětšeno 100x a) povrch, b) příčný řez.	68
Obr. 73 – Popisovač Altego paint maker	69
Obr. 74 – Označené zkušební vzorky	69
Obr. 75 – Zkušební vzorek pro hodnocení prachu na povrchu	70
Obr. 76 – Měření drsnosti povrchu na zkušebním vzorku 2B	75
Obr. 77 – Vážení normální křídý před nanášením	84
Obr. 78 – Soubor vzorků po nanesení kříd	85
Obr. 79 – Odebrané vzorky křídý	85
Obr. 80 – Použitý metalografický mikroskop	86
Obr. 81 – Vzorek 1B vysušená křída na otryskaném povrchu	86
Obr. 82 – Vzorek 2B vysušená křída na válcovaném povrchu	87
Obr. 83 – Vzorek 3B vysušená křída na broušeném povrchu	87
Obr. 84 – Vzorek 1C mokrá křída na otryskaném povrchu.	88
Obr. 85 – Vzorek 2C mokrá křída na válcovaném povrchu.	88
Obr. 86 – Vzorek 3C mokrá křída na broušeném povrchu	89
Obr. 87 – Vzorek 1D normální křída na otryskaném povrchu.	89
Obr. 88 – Vzorek 2D normální křída na válcovaném povrchu.	90
Obr. 89 – Vzorek 3D normální křída na broušeném povrchu	90
Obr. 90 – Soubor vzorků po nanesení nátěrové hmoty.	91
Obr. 91 – Použitá měrka nátěrů	91
Obr. 92 – Průběh měření NDF a) tloušťkoměr, b) ukázka měření.	92
Obr. 93 – a) Elcometer 107 s řezákem se zuby ve vzdálenosti 1 mm, b) výřez mřížky	98
Obr. 94 – Víceúčelová měrkaTQC SP3000	104
Obr. 95 – a) Použité lepidlo Araldite Standard, b) nalepené zkušební tělísko	109
Obr. 96 – Použitý měřicí přístroj – mechanický odtrhoměr Elcometer 106/2	109
Obr. 97 – Schéma a popis lomů pro odtrhovou zkoušku	110
Obr. 98 – Vzorek 1A po odtrhu a) tělísko 1, b) tělísko 2	110
Obr. 99 – Vzorek 1B po odtrhu a) tělísko 1, b) tělísko 2	111
Obr. 100 – Vzorek 1C po odtrhu a) tělísko 1, b) tělísko 2	111
Obr. 101 – Vzorek 1D po odtrhu a) tělísko 1, b) tělísko 2	112
Obr. 102 – Vzorek 2A po odtrhu a) tělísko 1, b) tělísko 2	112
Obr. 103 – Vzorek 2B po odtrhu a) tělísko 1, b) tělísko 2	112

Obr. 104 – Vzorek 2C po odtrhu a) tělísko 1, b) tělísko 2	113
Obr. 105 – Vzorek 2D po odtrhu a) tělísko 1, b) tělísko 2	113
Obr. 106 – Vzorek 3A po odtrhu a) tělísko 1, b) tělísko 2	114
Obr. 107 – Vzorek 3B po odtrhu a) tělísko 1, b) tělísko 2	114
Obr. 108 – Vzorek 3C po odtrhu a) tělísko 1, b) tělísko 2	114
Obr. 109 – Vzorek 3D po odtrhu a) tělísko 1, b) tělísko 2	115

SEZNAM TABULEK

Tab. 1 – Stupně korozní agresivity vody	33
Tab. 2 – Stupně korozní agresivity půd	34
Tab. 3 – Stupně korozní agresivity atmosfér	34
Tab. 4 – Složení nátěrových hmot	41
Tab. 5 – Písmenné označení druhů nátěrových hmot	43
Tab. 6 – Číselné označení druhů nátěrových hmot	44
Tab. 7 – Barevné označování podle ČSN	44
Tab. 8 – Barevné označování podle stupnice RAL	45
Tab. 9 – Nanočástice pro povlakování a jejich vlastnosti	58
Tab. 10 – Tabulka významu označení vzorků	67
Tab. 11 – Stupnice s číselným rozdělením podle množství prachu	71
Tab. 12 – Stupnice určující třídu prachových částic	71
Tab. 13 – Tabulka vyhodnocení prachu na povrchu u vzorků skupiny 1	72
Tab. 14 – Tabulka vyhodnocení prachu na povrchu u vzorků skupiny 2	73
Tab. 15 – Tabulka vyhodnocení prachu na povrchu u vzorků skupiny 3	74
Tab. 16 – Naměřené hodnoty drsnosti vzorku 1A	75
Tab. 17 – Naměřené hodnoty drsnosti vzorku 1B	76
Tab. 18 – Naměřené hodnoty drsnosti vzorku 1C	76
Tab. 19 – Naměřené hodnoty drsnosti vzorku 1D	77
Tab. 20 – Naměřené hodnoty drsnosti vzorku 2A	77
Tab. 21 – Naměřené hodnoty drsnosti vzorku 2B	78
Tab. 22 – Naměřené hodnoty drsnosti vzorku 2C	78
Tab. 23 – Naměřené hodnoty drsnosti vzorku 2D	79
Tab. 24 – Naměřené hodnoty drsnosti vzorku 3A	79
Tab. 25 – Naměřené hodnoty drsnosti vzorku 3B	80
Tab. 26 – Naměřené hodnoty drsnosti vzorku 3C	80
Tab. 27 – Naměřené hodnoty drsnosti vzorku 3D	81
Tab. 28 – Hodnoty tloušťky suché vrstvy vzorku 1A	92
Tab. 29 – Hodnoty tloušťky suché vrstvy vzorku 1B	92
Tab. 30 – Hodnoty tloušťky suché vrstvy vzorku 1C	92
Tab. 31 – Hodnoty tloušťky suché vrstvy vzorku 1D	93
Tab. 32 – Hodnoty tloušťky suché vrstvy vzorku 2A	93
Tab. 33 – Hodnoty tloušťky suché vrstvy vzorku 2B	93
Tab. 34 – Hodnoty tloušťky suché vrstvy vzorku 2C	93

Tab. 35 – Hodnoty tloušťky suché vrstvy vzorku 2D	93
Tab. 36 – Hodnoty tloušťky suché vrstvy vzorku 3A	94
Tab. 37 – Hodnoty tloušťky suché vrstvy vzorku 3B	94
Tab. 38 – Hodnoty tloušťky suché vrstvy vzorku 3C	94
Tab. 39 – Hodnoty tloušťky suché vrstvy vzorku 3D	94
Tab. 40 – Vyhodnocení tloušťky suché vrstvy	97
Tab. 41 – Porovnávací tabulka pro hodnocení mřížkové zkoušky	99
Tab. 42 – Vyhodnocení mřížkové zkoušky pro skupinu vzorků 1	100
Tab. 43 – Vyhodnocení mřížkové zkoušky pro skupinu vzorků 2	101
Tab. 44 – Vyhodnocení mřížkové zkoušky pro skupinu vzorků 3	102
Tab. 45 – Porovnávací tabulka pro hodnocení křížového řezu	104
Tab. 46 – Vyhodnocení křížového řezu pro skupinu vzorků 1	105
Tab. 47 – Vyhodnocení křížového řezu pro skupinu vzorků 2	106
Tab. 48 – Vyhodnocení křížového řezu pro skupinu vzorků 3	107
Tab. 49 – Vyhodnocení odtrhové zkoušky vzorek 1A	110
Tab. 50 – Vyhodnocení odtrhové zkoušky vzorek 1B	111
Tab. 51 – Vyhodnocení odtrhové zkoušky vzorek 1C	111
Tab. 52 – Vyhodnocení odtrhové zkoušky vzorek 1D	111
Tab. 53 – Vyhodnocení odtrhové zkoušky vzorek 2A	112
Tab. 54 – Vyhodnocení odtrhové zkoušky vzorek 2B	112
Tab. 55 – Vyhodnocení odtrhové zkoušky vzorek 2C	113
Tab. 56 – Vyhodnocení odtrhové zkoušky vzorek 2D	113
Tab. 57 – Vyhodnocení odtrhové zkoušky vzorek 3A	113
Tab. 58 – Vyhodnocení odtrhové zkoušky vzorek 3B	114
Tab. 59 – Vyhodnocení odtrhové zkoušky vzorek 3C	114
Tab. 60 – Vyhodnocení odtrhové zkoušky vzorek 3D	115

SEZNAM GRAFŮ

Graf 1 – Schéma rozdělení koroze	35
Graf 2 – Schéma rozdělení povlaků a povrchových vrstev	37
Graf 3 – Složení atmosféry	59
Graf 4 – Průměrné hodnoty drsnosti vzorků 1	81
Graf 5 – Průměrné hodnoty drsnosti vzorků 2	82
Graf 6 – Průměrné hodnoty drsnosti vzorků 3	82
Graf 7 – Porovnání příčně naměřených vybraných parametrů drsnosti	83
Graf 8 – Porovnání podélně naměřených vybraných parametrů drsnosti	83
Graf 9 – Porovnání průměrných hodnot parametru Ra všech vzorků	84
Graf 10 – Naměřené hodnoty pro vzorky s otryskaným podkladem.	95
Graf 11 – Naměřené hodnoty pro vzorky s válcovaným podkladem	95
Graf 12 – Naměřené hodnoty pro vzorky s broušeným podkladem	96
Graf 13 – Souhrnné porovnání tloušťky suchých vrstev	96
Graf 14 – Porovnání naměřených tlouštěk vrstvy	97
Graf 15 – Porovnání výsledků mřížkové zkoušky	103
Graf 16 – Porovnání výsledků křížového řezu	108
Graf 17 – Porovnání výsledků odtrhové zkoušky	115
Graf 18 – Porovnání průměrných výsledků odtrhové zkoušky	116
Graf 19 – Porovnání průměrných výsledků zkoušek odtrhové pevnosti včetně hodnot	117
Graf 20 – Porovnání průměrných výsledků zkoušek odtrhové pevnosti	117